BIBLIOTECA UTILE

(II, III).

INVENZIONI E SCOPERTE

LE GRANDI
INVENZIONI E SCOPERTE

ANTICHE E MODERNE

NELLE SCIENZE, NELL'INDUSTRIA E NELLE ARTI

Opera compilata

DA

B. BESSO

SETTIMA EDIZIONE

CON AGGIUNTE

MILANO
FRATELLI TREVES, EDITORI
1874.

PREFAZIONE

Non crediamo necessario spendere molte parole per dimostrare l'utilità di un'opera che scorrendo rapidamente pei campi della scienza, delle arti e delle industrie, espone popolarmente la storia e l'importanza delle più grandi invenzioni antiche e moderne, ne accenna le più utili applicazioni ed i successivi perfezionamenti. Le opere di questo genere rispondono ad un vero bisogno dell'epoca nostra, perchè si rivolgono a quella numerosa schiera di persone che per le loro occupazioni non possono imprendere studii profondi e pur sentono vivamente il desiderio di conoscere lo svolgimento di tante belle invenzioni che spandono immensi beneficii sull'umanità tutta quanta. Chi può oggidì ignorare completamente l'esistenza della stampa, della macchina a vapore e delle sue applicazioni alle navi, alle ferrovie, all'agricoltura, all'industrie d'ogni genere? Chi può tener chiusi gli occhi in faccia alle brillanti e svariate applicazioni dell'elettricità alla telegrafia, alla galvano-plastica, all'illuminazione? Chi non ha udito parlare dell'aerostatica, della fotografia, e di tante altre invenzioni che tacciamo solo per brevità? Chi potrebbe sconoscere gli immensi beneficii che risultano all'umanità dal perfezionamento di tutte le arti, di tutte le industrie, dovuto ai rapidi progressi che si operarono in questo secolo in tutte le scienze? Dall'agricoltura all'orologeria, dalla filatura alla metallurgia, ogni arte, ogni industria si è perfezionata con inestimabili vantaggi per tutte le classi sociali che videro accrescersi il loro benessere e le loro soddisfazioni materiali. Chi più, chi meno, per un motivo o per l'altro, ciascuno di noi si trova a contatto coi progressi della scienza, e desidera rendersi conto dei miracoli che essa va continuamente operando sotto ai nostri occhi.

A questo desiderio risposero illustri scienziati che concepirono e tradussero in pratica la filantropica idea delle volgarizzazioni scientifiche, che, ignote alle passate generazioni, sono incontestabilmente una delle più belle glorie del nostro secolo.

In questo, come in tanti altri rami del civile progresso, convien pur confessarlo, fummo preceduti dagli stranieri.

Opere simili alla presente videro la luce già da decine d'anni in Germania, in Francia ed in Inghilterra, ovunque trovarono la più lieta accoglienza, furono tirate a migliaia e migliaia d'esemplari, e le nuove edizioni si succedettero rapidamente. L'opera che oggi pubblichiamo, compilata appunto sulle traccie di opere di questo genere comparse al di là delle Alpi, vide la luce per la prima volta nel 1864; la sorte le arrise propizia superando le speranze del compilatore e degli editori che videro completamente smaltirsi nel frattempo ben cinquemila *esemplari. Ne venne fatta una nuova edizione in 8° grande; ma le scuole e le famiglie desideravano una ristampa nel primitivo formato, ch'è più comodo e più economico. Quest'è la ragione del presente volume, che però, ci affrettiamo a dirlo, non è completo. Qui invero voi non trovate* tutte *le grandi invenzioni; e se il lettore vorrà compirne il quadro, dovrà seguirci ancora in questi altri volumi che parte son già pubblicati, e parte vedranno la luce fra non molto:*

Le macchine a vapore, a gas e ad aria calda.
I battelli a vapore ed i fari.
Le strade ferrate.
L' elettricità.
I varii mezzi d' illuminazione.

In tutti questi volumi (1) ognuno de' quali sta perfettamente da sè, ma che tutti insieme formano un' opera sola, ci siamo studiati, con scarsa abilità, ma con ogni cura, di esporre brevemente per ogni singola invenzione, dapprima la storia, poi la biografia degli inventori, la narrazione delle lotte che ebbero

(1) In questo quadro mancherebbero ancora le invenzioni che spettano alle arti tessili. Ma a ciò ha sopperito assai meglio che io non saprei fare, il signor prof. Enrico Paglia nel prezioso volume pubblicato da questa Biblioteca Utile sotto il titolo: *La camicia*

a durare, degli ostacoli che dovettero abbattere, dei tentativi più o meno lunghi nei quali dovettero perseverare prima di raggiungere la meta; indi la descrizione tecnica dell'invenzione stessa e delle sue più comuni applicazioni. Il tutto è corredato di nitide incisioni destinate a rendere più facile l'intelligenza dei vari argomenti ed a meglio imprimerli nella mente del lettore.

Il compilatore, pur servendosi largamente di opere straniere, ebbe sempre presente che quest'opera è destinata agli Italiani, e per ciò pose ogni studio nel rintracciare qual parte ebbe la nostra Italia in tante invenzioni; da questo studio risulta, senza vanità nazionale, che non poche invenzioni ebbero fra noi la loro origine, sebbene gli stranieri lo ignorino o fingano ignorarlo.

Dovendo svolgere, in spazio relativamente ristretto, tanti e sì svariati argomenti, ciascuno dei quali meriterebbe un'opera apposita, riesciva impossibile trattarli nel modo più completo; tuttavia il compilatore nutre lusinga che la lettura di quest'opera non debba riescire del tutto inutile e giovar possa a destare in taluno dei lettori l'amore per la scienza, l'ardore allo studio.

Raccomandiamo specialmente questi volumi alle madri di famiglia che potranno ricavarne ampio argomento per conversazioni istruttive e dilettevoli co'loro figliuoli; li raccomandiamo agli operai, che da questa lettura potranno rendersi conto di molti lavori manuali, trarre incoraggiamento al lavoro e allo studio, con la speranza di sorti migliori.

Qui vedranno le madri come molti genii incominciassero a svilupparsi giovanissimi perchè posti in favorevoli circostanze; vedranno come torni vantaggioso condurre, sia pur rapidamente, i loro fanciulli per le molteplici regioni della scienza, delle industrie e delle arti: la storia d'un'invenzione può far germogliare in quelle giovani menti attitudini che altrimenti rimarrebbero ignote.

E gli operai si rallegrino a considerare che dalle loro fila uscirono Newcomen e Watt, inventori della macchina a vapore; Stephenson, inventore della locomotiva tubulare; Senefelder, in-

ventore della litografia; Arkwright, inventore della filatura meccanica del cotone, Franklin inventore dei parafulmini e cent'altri. Scorrendo queste pagine impareranno a conoscere questi oscuri operai che seppero, mercè lo studio, la buona volontà e la perseveranza, sollevarsi gradatamente alle più splendide posizioni sociali, e si meritarono a buon diritto il titolo di benefattori dell'umanità. — Studiate, studiate quanto più potete, e se non potete studiare voi, fate studiare i vostri figliuoli; ci va del loro avvenire. Vivendo, come per buona sorte, viviam noi, in paese libero, lo studio è fonte di benessere e di prosperità; oramai — imprimetevelo bene in mente — sapere *vuol dir* potere; *chi più* sa, *più* può.

Ancor due parole al benigno lettore, per affermare nel modo più esplicito che questa non è un'opera originale, ma una compilazione; *perciò è per la massima parte ricavata dalle migliori opere italiane e straniere che trattano gli argomenti svolti in questi volumi. Ci piace insistere su questa circostanza per risparmiare a qualche critico poco benigno la briga di accusare di plagio il compilatore. Questi crede dover dichiarare che preferisce riferire testualmente le frasi intiere di un autore che siosi espresso chiaramente, senza mancar di citarlo, anzichè rifare quelle stesse frasi a rischio di storpiarle, unicamente pel piacere di far credere di sua fabbrica ciò che non è.*

Più d'un errore, più d'una inesattezza, saranno certamente, ad onta di tutte le nostre diligenze, penetrate anche in queste pagine. Chi amasse rettificarli, farebbe buona opera informandone lo scrivente, che accoglierà con grato animo ogni osservazione che possa giovare al miglioramento successivo del suo modesto lavoro.

Torino, luglio 1869.

B. BESSO.

LA STAMPA

I.

La scrittura. — I copisti e i librai. — I palimsesti. — Benefizii della stampa. — L'impressione tabellare e la *xilografia.* — La Bibbia dei poveri. — I caratteri mobili. — Guttemberg. — La sua prima società, e il suo processo. — Faust e Schoeffer. — La lega dei caratteri. — Diffusione della stampa. — Primi favori di papi e di principi. — La censura. — Gli Aldi e gli Elzeviri. — Giambattista Bodoni.

Pigliamo le mosse da questa invenzione, che è certo la più importante per chi scrive e per chi legge. Essa ci fa pensare a tutte quelle cose che ci paiono semplicissime per il lungo uso, e che pure stentarono tanto ad essere trovate.

Noi non andremo in cerca, come certo bizzarro ingegno, di chi abbia inventato il linguaggio parlato, poichè esso nasce con noi, e lo hanno i selvaggi, come lo hanno i bambini; ma sarebbe indiscrezione il chiedere: chi inventò la scrittura, il linguaggio scritto? Eppure fu una grande idea quella di conservare la parola fugace sul metallo, sul legno, sulla carta.

Trascorsero al certo molti secoli prima che un uomo concepisse l'ardita idea di scrivere tutto un volume. Le più antiche scritture furono incise sulla pietra, e così si potè conservar memoria e tramandare ai posteri i fatti più importanti della nazione, le vittorie

riportate sui nemici, le leggi fondamentali dello Stato, le poesie ed i racconti più cari alle moltitudini. Le leggi e le narrazioni di Mosè e le poesie di Omero sono i più antichi libri che pervennero fino a noi. — Più tardi la scrittura si diffuse, si ebbero pubblicazioni letterarie e scientifiche. Nacque il desiderio di possedere gli scritti reputati più meritevoli e, mancando ogni altro mezzo di riproduzione, si affidò la copia dei lavori originali ad appositi incaricati. La professione del copista od amanuense godette molto favore, fu lucrativa ed onorata. A Roma, nelle grandi città dell'Asia e della Grecia, comparvero gli intermediarii — i librai — che stipendiando copisti, furono in grado di soddisfare le domande di manoscritti che venivano vivamente ricercati da ogni parte e si pagavano carissimo prezzo. Le botteghe dei librai furono frequentate da filosofi, da persone di spirito, da oziosi; vi si parlava di politica, di scienza, delle novità del giorno, come presentemente nei caffè e nei circoli.

I ricchi possedevano schiavi scelti, pagati a caro prezzo, occupati esclusivamente nelle copie delle opere più celebri che poi figuravano con gran pompa nelle loro biblioteche. Alcuni ricchi bibliofili tenevano presso di sè fino a cento amanuensi ad un tempo. — Le copie che così si ottenevano non riescivano sempre fedeli, la fretta o l'ignoranza degli amanuensi produsse manoscritti pieni di errori che prepararono le interminabili dispute dei dotti e dei filologi sulle diverse interpretazioni degli autori antichi.

L'invasione dei barbari e la caduta dell'Impero Romano immerse l'Europa nelle tenebre, i manoscritti furono dispersi, gli studii vennero completamente trascurati, mostravasi a dito chi sapeva leggere e scrivere; formavano eccezione i sacerdoti ed in par-

ticolare i monaci, che, chiusi nei loro conventi, dedicavano gran parte del loro tempo alla riproduzione di antichi manoscritti, in ispecie di opere religiose. Di ciò si dovrebbe esser loro riconoscenti, se fatalmente l'ignoranza di codesti amanuensi non li avesse indotti molte volte a servirsi di antiche pergamene, sulle quali, fatti scomparire con mirabile pazienza preziosissimi scritti scientifici o storici di antichi autori, trascrivevano poi salmodie o vite di santi.

Questa è l'origine dei *palimsesti*, che sono pergamene su cui frati ignoranti aveano raschiato le scritture antiche per sovrapporvi le loro. Alcuni dotti moderni ne fecero la scoperta, e, con una seconda raschiatura, riuscirono a trovare documenti preziosi: così Angelo Mai trasse dai palimsesti alcuni frammenti della *Repubblica* di Cicerone, e Niebhur ne trasse alcune leggi antiche.

Al risorgere della civiltà i manoscritti divennero ricercatissimi.

A noi che con poca spesa e nessuna fatica è dato acquistare le opere che più ci interessano e formarci senza difficoltà una copiosa raccolta di opere d'ogni genere, non par vero che soltanto quattro secoli or sono fosse quasi impossibile il procurarsi quelle poche opere che formavano a quei tempi tutto il corpo d'una scienza, e che per raggiungere lo scopo bisognasse imprendere lunghi viaggi e sottostare a fortissime spese. Una raccolta di cento volumi sembrava cosa straordinaria; un dotto si reputava felicissimo quando possedeva da dieci a venti volumi. Una Bibbia si pagava persino 1000 fiorini d'oro. Chi donava un manoscritto acquistava fama di benefattore, un debitore poteva facilmente liberarsi da'suoi creditori cedendo ad essi un solo manoscritto. Si davano a pre-

stito manoscritti verso compensi talmente esorbitanti che chi non era danaroso doveva rinunciare per sempre ai vantaggi della lettura. Per conseguenza, i ricchi soltanto potevano possedere questi preziosi manoscritti; la massima parte del genere umano trovavasi immersa nella più profonda ignoranza. Gli accorti dominatori, anzichè favorire la diffusione delle idee e la cognizione della verità, cercavano ogni mezzo per celare questa ed impedir quella; guai all'incauto che ardiva scrivere il vero per illuminare le moltitudini! La prigionia, le torture, i supplizii più crudeli punivano chi avesse osato dare ascolto alla propria ragione, ed il boia, dopo aver giustiziato il colpevole, ne abbruciava pubblicamente i pericolosi manoscritti. Per buona sorte del genere umano questo stato di cose ebbe un termine; lo spirito di libertà e d'esame che, ad onta dei rigori dei tiranni, covava segretamente, mirando alla rigenerazione dell'uomo, potè svilupparsi, crescere e farsi forte mercè la più importante delle invenzioni umane, mercè la STAMPA, massimo fra i beneficii di cui gode l'umanità.

Ciò che prima non poteva esser letto che da pochissimi individui, potè, mercè la stampa, esser letto da tutti, e giungere, in brevissimo tempo, a cognizione di tutti gli uomini che comprendono la stessa lingua. — La stampa fece sorgere il tribunale più potente che dar si possa, il tribunale della pubblica opinione, al quale è impossibile sfuggire.

Ben diciasette città si disputano l'onore di essere state culla della stamperia; e si disputa ancora da taluno sul primo inventore.

Sentirete dire che i cinesi conoscevano la stampa 300 anni prima dell'êra volgare, ma la loro stampa non meritava questo nome perchè consistente in ta-

volette di legno incise in rilievo od incavate. Ora, il fondamento della stampa è nella mobilità e nella fusione dei caratteri: e i caratteri mobili e la loro fusione furono immaginati solo fra il 1450 ed il 1460, meno di mezzo secolo prima della scoperta dell'America (1492).

L'incisione in legno, o *xilografia*, che servì certo qual punto di partenza per l'invenzione della stampa, fu nota in Europa soltanto intorno al 1370: il nome dell' inventore non ci è stato conservato dalla storia. I primi lavori di questo genere furono rozze immagini religiose incise sopra tavole di legno. Coperto il legno con uno strato di inchiostro denso, vi si collocava sopra un foglio di pergamena o di carta, e premendo il foglio con la mano si otteneva su di esso una riproduzione, a rovescio, dell' immagine incisa. Questi lavori non riescivano certo molto perfetti, la rassomiglianza dell'immagine all'originale sarà stata molto problematica, e perciò si avrà trovato necessario di incidere nel legno anco il nome del personaggio o del santo che si intendeva rappresentare. Vedendo riescire felicemente anche la riproduzione delle parole, si pensò di accompagnare l' immagine con leggende spiegative, dapprima brevi, poscia mano mano più lunghe. Di qua nacque l' idea di servirsi dell'incisione in legno per riprodurre un intero libro. Una raccolta di 40 incisioni rappresentanti fatti del vecchio e del nuovo Testamento, intitolata *Bibbia dei poveri*, vide la luce con questo metodo, nel 1420, non si sa precisamente se ad Arlem o a Bamberga.

Ma questa era incisione in legno, o xilografia, o impressione tabellare che si voglia dire; ma non era la stampa; non sarebbe mai riescita a prestarne gl' immensi servigi che essa ci reca.

Giovanni Guttemberg o *Gutenberg*, a cui generalmente si attribuisce l' invenzione della stampa, nacque di nobile famiglia nel 1398 a Magonza. La sua casa paterna era decorata di sculture ed ornamenti allegorici sulla pietra come usavasi nel medio evo; e al di sopra della porta vedevasi scolpita la testa di un toro colossale, con questa iscrizione: *Nulla mi resiste.* Questa divisa divenne quella di Guttemberg: non si potrebbe dire che è la divisa della stampa?

A 15 anni, Giovanni Guttemberg, dopo avervi perduto il padre, che gli lasciò una piccolissima rendita, fu esigliato da Magonza. Si recò a Strasburgo e si dedicò con amore agli studii. Dopo qualche anno, terminati gli studii, volle viaggiare di città in città per studiare i monumenti e conoscere le persone d' ogni classe, celebri nelle scienze, nelle arti o nei mestieri. Viaggiando sempre a piedi con una magra valigia sulle spalle, Guttemberg percorse Germania, Italia, Svizzera e per ultimo l'Olanda. Un' idea religiosa dominava ognora la mente del giovane Guttemberg, ei voleva trovar modo di dare alla Bibbia la maggior possibile diffusione. Un caso fortunato glie ne fornì il mezzo. Viaggiando in Olanda, Guttemberg fece sosta a Harlem e vi conobbe Lorenzo Koster, sagrestano della cattedrale; questi gli mostrò una grammatica latina rozzamente riprodotta mercè tavole di legno sulle quali i caratteri erano incisi a rovescio.

Guttemberg concepisce tosto l' idea di decomporre quella tavola per cavarne dei caratteri mobili, non dice verbo a nessuno e in tutta fretta fa ritorno a Strasburgo. Senza por tempo in mezzo incomincia a fabbricarsi degli alfabeti colle cui singole lettere compone dapprima qualche parola soltanto e in appresso intere frasi.

Questi primi tentativi assorbirono ben presto il magro peculio di Guttemberg, che si vide obbligato ad associarsi chi potesse fornirgli i mezzi necessarii a far fronte alle continue spese. Non volle però confidare a nessuno le sue speranze; l'associazione ebbe apparentemente per scopi: l'orologeria, il taglio delle pietre preziose, la costruzione di specchi, la scultura in legno. Il ricavo di codesti lavori arricchiva la società ed aiutava Guttemberg nelle segrete sue spese a vantaggio della sua idea prediletta.

Per sfuggire alla curiosità del pubblico che già incominciava a mormorare sul suo conto, tacciandolo di stregoneria, Guttemberg lasciò la città, e seguito dai suoi tre soci Heilmann, Dryzelm e Riff, trasportò la sua officina in un vecchio monastero abbandonato a poca distanza da Strasburgo. Prese per sè la cella più recondita, la munì di serrature e chiavistelli; e non permise ad alcuno di porvi piede. Col pretesto di eseguire disegni, figurine, specchietti, ei rimane sempre rinchiuso nella sua cella, e vi trascorre i giorni e le notti pieno d'ardore per la sua invenzione.

Dopo molti tentativi gli riesce finalmente di fabbricarsi dei caratteri di metallo, da sostituire a quelli di legno, ed un torchio per imprimere quei caratteri sulla carta. I soci si accorgono che Guttemberg sta mulinando qualche grande invenzione ed insistono per esserne partecipi; al reciso suo rifiuto oppongono un processo; ma egli si lascia condannare anzichè comunicare ad alcuno il suo segreto; abbandona Strasburgo e ritorna a Magonza, sua patria. Qui continua i suoi lavori, disegna, incide, fonde, prova ogni sorta di metalli, comincia, ricomincia e torna da capo, senza mai scoraggiarsi. Ma dal bisogno è

costretto a stringere nuova società con *Giovanni Faust* e *Pietro Schoeffer*.

Era il primo un ricco orefice di Magonza; prestò

Fig. 1. Una stam

danari al grand' uomo, ma scaltrissimo come era, si maneggiò per modo da attirare a sè tutto il lucro dell'opera futura. Lo Schoeffer era un giovane scrivano, molto abile e molto istrutto, che ben presto divenne genero del Faust.

È opinion generale, che Guttemberg, inventate ch'ebbe le lettere mobili in metallo, non riuscisse però a combinare la lega necessaria per la perfe-

nel XV secolo.

zione dell'opera. Il ferro, troppo duro, forava la carta; il piombo, troppo tenero, si schiacciava sotto alla pressione; al legno non conveniva neppur pensare, perchè non presentava la resistenza e la durata necessarie. Fu lo Schoeffer che trovò quell' utilissima

lega di piombo ed antimonio, che serve tuttora a comporre i caratteri. Da quel momento, la stampa era inventata.

Ma da quel momento cangiò la scena per il povero inventore. Poichè egli era divenuto inutile, il perfido Faust non pensò che a sbarazzarsene. Creditore spietato, egli strappa Guttemberg ai suoi fornelli, ai suoi torchi, alla stamperia; lo forza ad abbandonare i frutti della sua scoperta. Ridotto alla miseria dalla ingratitudine di Faust, l'inventore della stampa dovette esulare; e per dieci anni lo perdiamo di vista, senza avere su tale periodo della sua vita altro dato tranne questo: che nel 1450 Giovanni Guttemberg non aveva pane.

Faust intanto s'associava al suo genero Schoeffer per trarre tutto il lucro possibile dalla stampa, facendone un mistero per il mondo, e vendendo come manoscritti molto belli i libri stampati. Ai suoi operai, diffidenti e irritati della sua condotta verso il *maestro*, fa giurar sulla Bibbia di non rivelare il segreto della nuova arte. E per essere più certo del silenzio, li costringe a sottoscrivere biglietti di cambio per danari che non ha dati. Per giunta, mette i suoi opifici in fondo ad oscuri sotterranei, e vi tiene sotto chiave gli operai. Ma in mezzo ai suoi successi, venne la peste (1466) a rapirgli la vita.

Suo genero Schoeffer, divenuto proprietario della stamperia di Faust a Magonza, continuava a stampar libri, quando quella turbolenta città fu presa d' assalto e saccheggiata. Schoeffer perì in questi disastri, e molti dei suoi operai si dispersero nelle principali città d' Europa, dove così importarono la grande invenzione.

Tuttavia, a Giovanni Schoeffer, figlio di Pietro,

venne fatto di ricostituire poco dopo la stamperia di Magonza. Egli non imitò la ingratitudine del padre e di Faust. Guttemberg sarebbe stato forse spogliato, dinanzi ai posteri, della gloria che ha reso immortale il suo nome, se Giovanni Schoeffer, in testa ad una traduzione tedesca delle opere di Tito Livio, stampato nel 1505 e dedicato all'imperatore Massimiliano, non avesse scritte, in tedesco, queste parole: « Gli è a Magonza che la meravigliosa arte della stamperia fu inventata dall' ingegnosissimo Giovanni Guttemberg mille quattrocento e cinquant'anni dopo la nascita di N. S. G. C., e poi migliorata e consolidata dalla diligenza, le spese e il lavoro di Giovanni Faust e Pietro Schoeffer in Magonza, così che questa città deve essere pregiata e lodata in eterno non solo dalla nazione tedesca ma anche da tutto il mondo ».

Guttemberg sopravisse due anni a Faust. Sul finir de' suoi giorni, fu raccolto dal principe arcivescovo di Magonza, che gli diede titolo di suo gentiluomo di camera e una pensione. Grazie a questa tarda protezione, Guttemberg potè consacrare i suoi ultimi anni al perfezionamento della stampa. Egli morì il 14 febbraio 1468.

I figli di Guttemberg (questo nome si davano gli operai stampatori) eransi intanto sparsi per il mondo, ma prima di tutto comparirono e trovarono larga protezione nella nostra Italia. Dopo Magonza e Strasburgo, i primi libri stampati portano la data del monastero di Subiaco, 1465. Due anni dopo, una nobile famiglia di Roma apriva il suo palazzo agli stampatori tedeschi. Nel 1469 si stampava a Venezia il primo libro: le epistole di Cicerone; e il Senato diede un privilegio esclusivo al tipografo Giovanni di Spira. Ben presto gl' italiani stessi s'im-

possessarono dell'invenzione; e nel 1469 troviamo molti libri latini stampati a Milano dal milanese Filippo di Lavagna mentre i libri stampati in Francia

Fig. 2. Statua di Guttemberg eretta sur una piazza a Strasburgo.

ed in Isvizzera sono del 1470, in Inghilterra, nella Spagna, nel Belgio del 1474, a Vienna del 1482, e in Portogallo del 1489.

L'invenzione della stampa fu accolta con favore dalla più parte dei sovrani e dalla Chiesa, che dapprincipio credette avere un potente ausiliario nell'invenzione che di lì a poco divenne arma formidabile nelle mani dei suoi nemici. Papa Sisto IV diè a Nicola Jenson, che esercitava la tipografia in Venezia, il titolo di conte palatino. Massimiliano, imperatore di Germania, innalzò quasi al grado di nobiltà i tipografi ed i compositori; li autorizzò a vestir tuniche ricamate d'oro e d' argento, quali venivano indossate solo dai nobili; accordò ai tipografi uno stemma, nel quale era raffigurata un'aquila con le ali spiegate sul globo, simboleggiante il volo e la conquista della parola scritta su tutta la Terra. Luigi XI di Francia accordò lettere di naturalizzazione ai tipografi tedeschi. Carlo VII ammise la stamperia e la libreria ai privilegi e alle prerogative dell'Università, e Luigi XII, confermando tali privilegi, considera quest' invenzione « cosa più divina che umana, la quale, grazie a Dio, fu inventata e trovata ai nostri tempi ». Francesco I esentò gli stampatori librai dal servizio militare. Solo in Turchia la stamperia fu proibita da Baiazette II nel 1483 e poi dal figlio Selim I nel 1515 sotto pena di morte; così che quest'arte non si potè introdurre liberamente colà prima del XVIII secolo.

Se i principi europei non arrivarono a tali estremità, si pentirono ben presto della protezione accordata ad un'invenzione che doveva illuminare i popoli, aprir gli occhi agli oppressi. Per inceppare la stampa fu inventata la censura. E' fu nel 1515, alla decima seduta del Concilio lateranense, che papa Leone X proibì sotto pena di scomunica di stampare verun libro prima che fosse approvato dal vicario di

Sua Santità a Roma o dal vescovo della rispettiva diocesi. Nel 1531, parecchie persone furono abbruciate a Londra per avere stampata e diffusa la Bibbia in inglese. Fino allo scorso secolo troviamo in tutti i libri, due o tre *Imprimatur;* e quand' anco si ebbe il pudore di non istampare questo permesso, la censura continuò a regnare sotto una od altra forma. Fino al memorabile 20 settembre 1870 non si pubblicava in Roma alcuno stampato senza il visto dell'autorità civile ed ecclesiastica; quest' ultima, condanna ancora i libri che si stampano fuori della sua giurisdizione, e pubblica imperturbabilmente nell' *Osservatore Romano* l'elenco dei libri che la Sacra congregazione dell' Indice dichiara proibiti.

La famiglia dei più celebri tra gli stampatori, nota sotto il nome degli *Aldi*, fiorì tra il 1488 e il 1580. Il capo di questa famiglia che onorò l' Italia, *Aldo Manuzio* detto il *vecchio*, fondò a Venezia una stamperia avente per oggetto speciale la riproduzione dei capolavori dell' antichità. Egli fu l'inventore del *corsivo* che i Francesi dicono *italique*. Le edizioni di Aldo sono tutt' ora ricercatissime ed hanno l' autorità di manoscritti. Il segno della sua stamperia è un delfino attortigliato ad un' áncora. Paolo e Aldo Manuzio, detto il *giovane*, continuarono la gloria del padre. Essi furono protetti dai papi e dai principi, godettero l'amicizia dei più chiari letterati del tempo e composero essi stessi parecchie opere di erudizione: perchè allora i tipografi e i librai erano persone dottissime. In tempi più vicini l' arte tipografica italiana si gloriò di un *Bodoni*.

Giambattista Bodoni è un bell' esempio pei giovani di buona volontà. Ei nacque a Saluzzo nel 1740 e fin da giovanetto mostrò molto amore per

le arti belle. Recatosi in Roma per perfezionarsi nell'arte dell'incisore in legno, che già praticava nella casa paterna in unione all'arte dello stampatore, si trovò in gravi strettezze finanziarie e gli convenne acconciarsi quale semplice operaio *compositore* nella tipografia della *Propaganda*. I suoi modi piacquero talmente al cardinale Spinelli, allora capo di quello stabilimento, che questi divenne il protettore del giovane Bodoni, e lo animò a studiare le lingue orientali. In breve quel semplice operaio conobbe l'arabo e l'ebraico: gli fu allora affidata la *composizione* del messale in caratteri arabo-copti, sul quale l'abate Ruggeri volle che Bodoni segnasse il suo nome e la patria. Bodoni nel coordinare e pulire i punzoni dei caratteri orientali fatti incidere da Sisto V, formò l'idea di disegnare, incidere e fondere caratteri e fregi per la stampa, arte che esercitò con quella in nobilissimo grado. — Nel 1768 fu chiamato a Parma qual direttore di quella stamperia, ove colse splendidi allori mercè l'accuratezza, nitidezza ed eleganza di numerose edizioni di opere italiane e straniere che riscossero gli applausi di tutti i bibliofili. Sopratutto rinomati sono l'*Oratio Dominica* in 155 lingue, un superbo Virgilio tirato a soli 200 esemplari, e il magnifico Omero in greco, dedicato a Napoleone I. Quest'uomo morì a Parma nel 1813; ed ebbe nella lunga sua carriera singolarissime onorificenze da pressochè tutti i grandi della Terra: rivaleggiò col Didot e vinse il gran premio. Guadagnò e gli furon donate somme ragguardevolissime ch'egli sacrificò tutte nel preparare le matrici e fondere centinaia e centinaia di caratteri da lui disegnati per le sue grandi edizioni. Questo è il maestro che portò l'arte dei tipi a quel sommo grado di semplicità, ele-

ganza e severità classica cui a niuno fu dato mai di raggiungere; i suoi esempi son messi in pratica in ogni parte del mondo, e il 27 ottobre 1872, dai paesi più remoti giungevano uomini e doni a porgere omaggio al Saluzzese nella sua città nativa, ove fu scoperto un monumento erettogli dagli stampatori italiani e da molti ammiratori.

In Olanda ebbero fama gli *Elzeviri*, che fiorirono nel XVI e XVII secolo; in Francia, gli *Stefani* e più modernamente i *Didot;* in Inghilterra, *Baskerville*, morto nel 1775, ch' era egli stesso il disegnatore, l'incisore e il fonditore dei caratteri che adoperava.

II.

Panfilo Castaldi. — L'agitazione degli operai stampatori. La memoria dell'ab. Bernardi. — Che cosa sia l'inventore. Bernardo Cennini.

Insino a pochi anni or sono, non solo all' estero, ma anco in Italia, ben pochi avrebbero osato mettere in discussione i titoli di Guttemberg qual primo inventore della stampa; soltanto in una remota città d' Italia si ripeteva tradizionalmente, di padre in figlio, il nome d'un emulo di Guttemberg. Nella gentil città di Feltre, posta nella provincia di Belluno, si riserbava culto affettuoso alla memoria di Panfilo Castaldi, dottore e poeta, che vi nacque il 3 agosto 1398, al quale i suoi concittadini attribuiscono l' invenzione dei caratteri mobili per la stampa.

« Nel 1860, dice il signor Alfeo Pozzi nel prezioso suo volumetto, *L'Italia sotto i vari suoi aspetti*, comincia quel nome a mormorarsi sommessamente an-

che a Milano. Un fascio di carte comprovanti la grande invenzione del cittadino di Feltre prende a circolare per le mani di alcuni operai tipografi e po-

Fig. 3. Statua di Panfilo Castaldi a Feltre.

scia di alcuni letterati. Più tardi quei documenti si trasformano in una bella e dotta Memoria dell'abate commendator Bernardi. La prima edizione di quella

Memoria, stampata per cura dei suddetti operai tipografi, è in breve esaurita. Se ne fa una seconda coll'aggiunta di due *Dissertazioni* dei professori Zanghellini e Valsecchi, e la seconda anch'essa è rapidamente smaltita. Lo spaccio delle due edizioni, oltre il rivendicare un'altra gloria italiana e oltre riparare una sconoscente dimenticanza, produce cinque mila franchi destinati dagli operai stessi ad erigere in Feltre un monumento al Castaldi. Ma cinque mila franchi sono il prezzo del piedestallo, del marmo, del trasporto, della giornata degli scarpellini, ecc. E lo scultore? Oh la generosità è anch' essa attaccaticcia! Il bravo scultore Costantino Corti si mette gratuitamente all' opera e fa la statua del Castaldi, bellissima; e la città di Feltre commette al Corti anche il monumento del Vittorino, e dona alla società dei milanesi tipografi un magnifico nastro da porsi sul loro vessillo colla iscrizione: AGLI OPERAI TIPOGRAFI DI MILANO, FELTRE RICONOSCENTE, 1865. Nuovi scritti su tale argomento compaiono in luce; e due opere dei professori Roberti e Praloran fanno gemere i torchi; ma il miglior mezzo di schiarire l' importante questione sta nel riprodurre, come faremo ora, alcuni brani della citata memoria dell'abate Bernardi.

« Il libro che si mette innanzi quale fatto primitivo o prova originale della scoperta della stampa, è la *Bibbia sacra*, della quale giova brevemente riassumere la storia.

« Del 1450, e prima forse, accingevansi i ricordati industri e colti Alemanni (Guttemberg, Faust e Schœffer) alle prove per la stampa del sacro testo. Ma quante difficoltà non si frapposero! quale dispendio gravissimo non occorse! Raccontava lo Schœffer che al compiersi dei tre primi quaderni erasi già spesa

la somma, ragguardevole sempre, e allora enorme, di quattromila fiorini. E la *Sacra Bibbia*, completamente edita nelle sue due parti, o volumi, ne comprende ben cinquanta: cioè venticinque la prima da cinque fogli ciascuno, eccettuati i quaderni nono, decimo, vigesimoquarto e quinto, che ne contano quattro; e la seconda pure di ventiquattro da cinque fogli, tranne il decimoquarto, ch'è composto di sei e l'ultimo di tre e mezzo: da cui rilevasi che, se le spese incontrate avessero nel seguito progredito in modo proporzionale agli esordi, appena fiorini sessantottomila avrebbero bastato a compiere quella principesca impresa dei tre pertinaci e splendidissimi esecutori. Nè dobbiamo maravigliarci che le spese de' primi quaderni ascendessero alla esorbitante somma accennata. Quanti mai tentativi e quanti esperimenti non avran dovuto ripetere gli stampatori magontini prima di giungere a quei trovati che grandemente poscia agevolarono il compimento dell'opera con tanta arditezza cominciata e con tale e tanta costanza proseguita! Nulla maraviglia neppure che parecchi anni vi passasser di mezzo, e che l' opera intrapresa nel 1450 non fosse ridotta a termine che nel 1462. Da prima si usarono caratteri immobili ed incisi in tavolette di legno: il gran passo fu il ritrovamento de' caratteri mobili, e tuttavia lignei pur essi: venire a caratteri metallici, render i sodi, formar le matrici, non fu lavoro nè di breve tempo, nè di poca esperienza. E da prima l' impressione facevasi in una soltanto delle facciate, nè mai dall' opposta, e vi si univano le impressioni fatte con ispeciale incollatura, indi scorrea lo inchiostro a bruttare i fogli, e, prima d'inumidirli, male e a gran disagio vi si fissavano le lettere impresse. Che se infine

agli esemplari di questa sovrana edizione della *Bibbia* si trova qualche diversità di modi a contrassegnarla, e qualche mutazione di anno, questo null'altro addimostra se non che quell' incisione finale si fece a più riprese, e talora si volle accreditare maggiormente l' opera con impartirle maggiore autorità, e forse contrassegnarla dell' anno 1450, in cui cominciarono gli esperimenti, tanto pel motivo accennato quanto anche per non lasciarsi strappare il merito dell' invenzione, sebbene non uscisse compiuta che del 1462. Mentre Guttemberg, allora compagno ed amico di Faust, attendeva in patria a progredire nell' opera incominciata, questi percorreva Germania, Francia ed Italia onde provvedere allo spaccio di opuscoli che a foggia del *Psalterium Davidis* erano stampati a caratteri fissi, e che si vendevano per bisogno di nuovi e più gravi dispendii a proseguire nella difficile impresa.

« L' Italia a quei giorni esercitava un grande primato nel mondo, e la sua lingua, recata con le navi dei Pisani, dei Liguri, segnatamente dei Veneti, in tutto il mondo conosciuto, studiavasi dai mercanti e dagli uomini dotti: da quelli a motivo dei loro commerci; da questi per attingere dall'Italia e dalla parola de'suoi grandi scrittori e filosofi le scienze che loro mancavano, l' arte del bello che tra noi aveva innalzato il suo seggio, al quale non rinunziò tuttogiorno, e la soave armonia del suo dolce e sonante linguaggio. E se questo linguaggio occorreva allora agli scopritori della stampa, tanto a perfezionamento dell' arte in sè, quanto a ragione dei cambi e dello smercio dei libri loro, dalla Germania renana il Faust, come più ricco e più ardimentoso, recavasi in Feltre, ove, più e meglio che la lingua, gli era comunicato

il segreto della grande scoperta da studioso cittadino, da modesto insegnante nella sua patria; modesto, ma illustre, perchè da Italia tutta e da paesi forastieri accorrevano a lui per essere insegnati nell'arte che professava. Era questi Panfilo della famiglia Castaldi, ascritta al patriziato feltrese, e prima e poi onorata di uomini ragguardevoli.

« La scuola istituita dal Castaldi, narra lo storico Ticozzi, apriva la via di apprendere per principii non il corrotto dialetto della plebe, ma la lingua grammaticale d'Italia; per lo che celebre diventò ben tosto e frequentata dagli stranieri. — Ma niuno di tanti scolari ebbe più fama di Giovanni Faust di Magonza, dagli storici feltrini indicato col nome di Fausto Comesburgo, il quale dal 1454 si era per modo reso familiare del Castaldi, che il volle poi sempre, finchè rimase in Feltre, in propria casa. Il Castaldi fino dal 1442 aveva veduta una prova di Giovanni Guttemberg (questo proverebbe ciò che molti eruditi asseriscono, cioè che fin dal 1440 e prima il Guttemberg aveva posto mente non solo, ma erasi accinto ad alcune prove che valsero poi allo scoprimento dell' arte della stampa), che, non ardirei dire se in Magonza o a Strasburgo, travagliava segretamente per rinvenire la maniera di stampar libri, sussidiato dal denaro di Giovanni Faust e dall'ingegno di Schœffer suoi soci. Dopo dieci anni di esperienze, il Guttemberg non aveva portato più in là il suo lavoro che ad imprimere con tavolette in legno, ed ancor di metallo, caratteri invece di figure (è questo il modo con che aveano ridotto con gran fatica e con importabile dispendio al quarto o quinto quaderno la stampa della *Bibbia,* quando il Faust si conduceva in Feltre presso il Castaldi): per lo che le cose fino allora stampate

da lui o da altri appartengono propriamente alla calcografia.... IL CASTALDI, PIÙ INGEGNOSO E PIÙ FORTUNATO DE'SOCI MAGONTINI, AVEVA, PRIMA CHE ARRIVASSE GIOVANNI FAUSTO IN FELTRE, FATTA LA SCOPERTA DE'CARATTERI MOBILI ».

Per tal maniera si compie la storia della scoperta maravigliosa: la Germania ha la sua parte nobilissima e tutta propria della sottile accuratezza e della indomita costanza di quella nazione: e non è punto esclusa l'Italia, che anche in questa occasione, del pari che in mille altre somiglianti, getta, direi così, il frutto della naturale acutezza del suo ingegno, o il lampo dell' alta sua intelligenza a profitto delle meditazioni e delle fortunate opere altrui.

« Panfilo Castaldi, così conchiude la memoria, entra a chiedere le sue ragioni in nome della patria. Non è soverchia la giusta pretensione di lui; non vuol eccedere i limiti che gli sono assegnati, non vuol togliere altrui per dare a sè stesso ciò che non gli appartiene. Lascia egli al Guttemberg intatta la gloria di essersi il primo, con tanta sollecitudine intelligente e con tanta perseveranza, consecrato a questa grande scoperta, di cui per fermo ha merito principalissimo; nè gl'invidia punto il monumento che a buon diritto gli eressero i suoi concittadini con danaro raccolto da tutto il mondo civile.

« Non toglie a Giovanni Faust gli utilissimi trovati della umettazione della carta da imprimersi, della vasta applicazione ch' ei fece dello stupendo sistema propostogli e delle ingenti somme dedicate e dei viaggi e delle fatiche sostenute a promuovere l'ardua e nobilissima impresa. Concede a Pietro Schœffer la gloria segnalata (chi potrebbe rapirgliela?) di aver convertito in metallo le lettere lignee, di aver avuto la for-

tuna di formarsi le matrici e preparar la fusione acconcia e trovar modo a trarne i caratteri sì utili, diciamolo pure più veramente, sì necessari alla stampa.

« Panfilo Castaldi, il nostro dotto e modesto Feltrese, accontentasi del suo: di aver comunicato a Giovanni Faust la maniera di stampare per mezzo dei caratteri mobili, òssia delle lettere separate; per lo che l'egregio ed operoso Alemanno, più che non fosse ricco della lingua italiana, che aveva appresa, e dello spaccio assai largo delle prove e degli stampati a caratteri fissi, e quindi rifornito di danaro a proseguire nel perfezionamento dell' arte, ritornava ricchissimo della scoperta fatta in un angolo estremo d'Italia ed a lui dal suo generoso maestro comunicata, perchè valesse a compiere ciò che altrimenti sarebbe rimasto imperfetto, a risarcire i perseveranti e solleciti indagatori delle fatiche e delle lunghe pene sostenute, e a proclamare in faccia a tutto il mondo che l' arte novella èra già stabilita e che il riedere alla barbarie per le umane genti era omai fatto impossibile.

« Per tal modo, poichè nella verità tutto si ordina e tutto compiutamente si corrisponde, le vicende che accompagnarono la invenzione della stampa vanno a collocarsi nel loro posto; per tal modo la Germania ha la spiegazione de'suoi fasti, e l'Italia l'ha pure di quelli che la risguardano; per tal modo il monumento, a buon diritto eretto al Guttemberg, riceve la sua vera significazione, e più non si trovano in violenta contraddizione con esso le asserzioni di parecchi ragguardevoli storici italiani e forestieri e le patrie tradizioni; nè il dogato di Malipiero, nè il tempo fra la morte di Calisto e l' assunzione al pontificato di Pio, non rimangono senza partecipare al merito della

invenzione della stampa. Vero è che l'Italia non può arrogarselo per intero e che, senza gli apparecchi, gli studi, la pertinace operosità di quei tre illustri Alemanni che vi concorsero, nulla sarebbesi fatto, e la scoperta del Castaldi, come tant'altre, sarebbe rimasta infeconda; ma giacchè non pretendiamo soverchiamente, spero ci si concederanno volontieri i ragionevoli nostri diritti.

« La civile Germania non vorrà contrastarci una gloria che ci appartiene, siccome noi non contrasteremo alle sue; e ciò che avviene nel campo delle scienze, delle lettere, delle industrie e delle arti, avvenga in quello della politica. Amiamoci da fratelli, nè mai cerchiamo dominarci da schiavi e odiarci e ucciderci gli uni gli altri per questo, peggio che fiere. La verità non vuole che sè e dappertutto sè stessa; e perciò non oltrepassa i limiti che le sono prefissi, siccome pure sono prescritti limiti naturali e impreteribili al rispetto che le nazioni devono serbarsi reciprocamente a patto di non reggere senza ciò lungamente e perire. E se la Germania ergeva meritamente a Giovanni Guttemberg una statua ad esempio e riconoscenza dei posteri e a giusto vanto de' suoi concittadini, si conceda anche a noi porgere qualche tributo solenne di lode a Panfilo Castaldi; e rivendicando ciò che ci spetta, nulla, propriamente nulla più di ciò che ci spetta, con monumento degno riparare alla dimenticanza e, diciamolo pure, alla ingratitudine dei secoli passati (1) ».

Ciò che dunque si è preteso dall'abate Bernardi e dai patriotici agitatori per la memoria del Castaldi,

(1) Il monumento a Panfilo Castaldi, opera dello scultore Corti, fu inaugurato nel settembre 1868 con grande solennità a Feltre.

non è punto nè poco esagerato. È una gloria di più nella storia della stampa; non è una gloria che si tolga a nessuno. Tutto ciò che si fa per rivendicare le glorie nazionali, è sempre onorevole, e desta molta

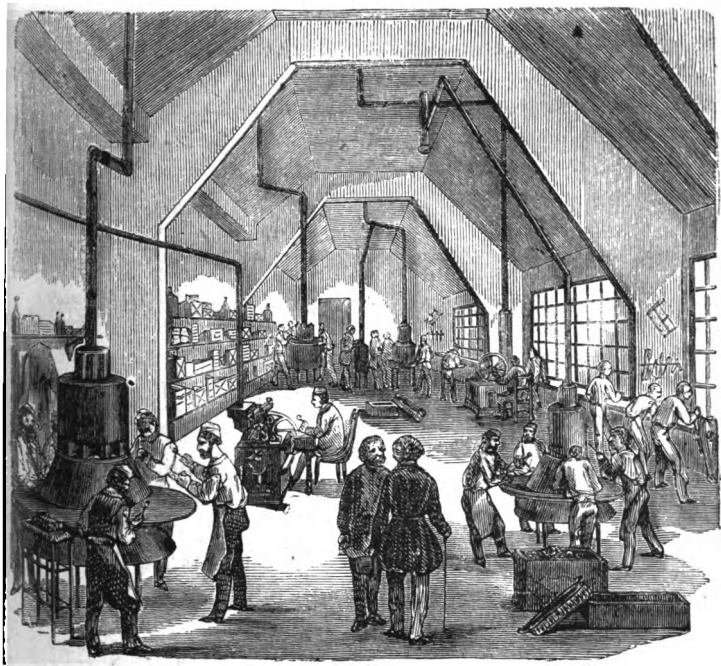



Fig. 4. Officina per la fusione dei caratteri.

compiacenza vedere l'operaio prendere parte a queste rivendicazioni, a questi studi. Osserviamo in quest'occasione che è di tutti i paesi la gara di attribuire a qualche proprio concittadino la gloria d'ogni invenzione: ciò giova a far conoscere i germi delle grandi

scoperte, le quali non nascono mai da sole come i funghi. Ma dopo tutto, qual è il vero inventore?

Ce lo dica un italiano, il Frisi (1): « L'epoca di tutte « le scoperte deve fissarsi non già ad un primo lampo, « a qualche idea indeterminata o a qualche rimota « relazione, ma bensì all'analisi o allo sviluppo degli « elementi che formano e definiscono un'invenzione ». E il Frisi dice questo nella vita di Galileo, rispondendo agli olandesi che disputano al Galileo l'invenzione del telescopio, nello stesso modo e per le stesse ragioni che alcuni, più esagerati dell'abate Bernardi, disputano ancora a Guttemberg l'invenzione della stampa.

Ciò è buono a notarsi, fin dal principio di questo libro che ragiona delle invenzioni e degli inventori.

Ma l'Italia non è solo a Panfilo Castaldi che tributa gli onori di inventore dei tipi mobili per la stampa: ha un Bernardo Cennini, orafo fiorentino, nato nel 1415; il quale per un semplice *sentito dire* afferrò l'idea e la mise in pratica con felice risultato. Venuto a cognizione che si potevano moltiplicare all'infinito le copie di libri senza il bisogno di scriverli, e fors'anche avendo visto qualcuno di questi opuscoli stampati che venivano dalla Germania, il Cennini ideò il modo di formare i tipi, incise le matrici, fuse i caratteri, costruì un torchio, e coll'aiuto del solo suo figlio Lorenzo, dopo infiniti tentativi, riuscì a stampare intieramente il primo libro in Firenze nel 1471,

(1) Paolo Frisi celebre matematico, idraulico ed astronomo, nacque a Milano il 13 aprile 1728, vi morì il 22 nov. 1784.

che è il « *Servii Honorati, commentarii in Virgilium* ». Che sue fossero le matrici è provato, dacchè mai fino allora in niun paese erasi visto libro stampato con caratteri di forma così graziosa e veramente romana; perchè nelle altre stamperie allora impiantate in Italia i tipi venivano dalla Germania ed eran fatti in segreto da quegli operai stranieri.

I tipografi fiorentini e d'altre parti d'Italia volendo onorare il grand'uomo, per iniziativa di quella utilissima rivista tecnica che chiamasi *L'arte della Stampa*, ne celebrarono in Firenze nel giugno 1871 il IV centenario e gli eressero un perenne monumento nella reale basilica di S. Lorenzo, ove il Cennini fu sepolto.

III.

Come si stampa. — La fusione dei caratteri. — Punzone e contrappunzone. — La lega e la forma. — I gettatori. — Il prototipo. — La composizione. — I punti tipografici. — Corpi e nomi dei caratteri. — Compositoio, tal'one, interlinee, vantaggio, pacchetto. — Le correzioni. — Impaginazione, imposizione, marginatura. — La tiratura. — Torchi a mano. — Inchiostro tipografico. — La macchina a vapore. — La stampa del *Times*. — Macchine Marinoni, Walter, Bullock, ecc.

La stampa in caratteri mobili si eseguisce per mezzo di lettere isolate, dette *caratteri*, che si riuniscono per modo da comporre successivamente le parole, le linee, le pagine.

La materia onde si formano i caratteri, è una lega di ottanta parti di piombo e venti di antimonio: talora si leva una parte d'antimonio per aggiungerne altra di rame, formandone una lega ottima pei grandi caratteri; talora si sostituisce una parte di piombo collo stagno per rendere i caratteri più resistenti.

Ecco come si formano i caratteri. Prima di tutto l'intagliatore deve fare per ogni lettera un doppio lavoro: sopra un corto pezzo d'acciaio ben temprato intaglia in rilievo i soli spazi interni e voti delle varie lettere: e questo si dice *contrappunzone;* poi sopra un altro pezzo d'acciaio più robusto, lungo un dito, detto *punzone,* fa a colpi di martello l'impronta del contrappunzone, salvo poi a rifinirne esteriormente la figura col bulino e colla lima.

Uno solo di questi tipi primitivi d'acciaio fornisce un gran numero di *matrici,* che sono pezzi di rame in forma di parallelopipedi, grossi ed alti quanto esige la grossezza che si vuol dare al carattere: questo vi si imprime col punzone a replicati colpi di martello, o meglio col bilanciere, sur una delle sue facce lunghe. La lettera riesce rovesciata nel punzone e ritorna diritta nella matrice. Con una matrice sola si ottiene un grandissimo numero di caratteri.

La lega accennata più sopra viene messa in fornelli appositi per esservi fusa e ridotta in verghe. Il metallo strutto viene versato quindi nella *forma*, ch'è un arnese di ferro ricoperto di legno, contenente la matrice. Di là escono i caratteri. — Nelle grandi fonderie di caratteri sono in uso da più anni delle macchine, mercè le quali, a mezzo d'una pompa, il metallo strutto entra da sè nella forma, e questa aprendosi lascia cadere la lettera e tosto si richiude per formarne un'altra. Queste macchine vengono adoperate per le commissioni di qualche rilievo, ed offrono molta economia e celerità. Ma nelle macchine fin qui adoperate ai grandi vantaggi che offrono vanno contrapposti i difetti che si riscontrano nel carattere, che è sempre inferiore per molti riguardi a quello che dicesi fuso a mano. Solo in quest'anno, 1872, i

signori Bausa e Serrière di Parigi hanno costrutto una macchina, che al merito della celerità, poichè fonde 60,000 lettere al giorno, aggiunge tutti i buoni requisiti di una forma-matrice a mano.

La nostra figura 4 vi rappresenta un'officina per la fusione dei caratteri. Quattro operai stanno intorno ad un fornello circolare, che contiene entro crogiuoli la lega di antimonio e di piombo; essi gettano nelle forme la lega fusa: e perciò si dicono *gettatori*. Altri operai staccano dal getto le parti che sono di troppo nella lettera ottenuta; altri ne tolgono le *bave* fregandole sopra una pietra cosparsa di smeriglio in polvere; ed altri ancora li riuniscono sopra lunghi *compositoi* di legno per quindi metterli in un torchietto onde ottenere l'altezza voluta, col mezzo di una pialla. Dopo ciò un esperto operaio passa tutti i tipi alla *visita* per scartare i difettosi; ciò fatto, il carattere è riposto in pacchi, e così vien consegnato al tipografo, il quale li ripone in speciali casse di legno divise in molti scompartimenti disuguali, ne' quali le lettere, i numeri, tutti i segni d'interpunzione e gli *spazi*, nome che si dà a certi pezzetti di metallo alquanto più corti dei caratteri; questi spazi indispensabili per determinare gli intervalli fra parola e parola, sono giudiziosamente collocati.

Tutti i caratteri hanno verso il piede una tacca onde conoscere a primo tratto la parte diritta di essi; ciò agevola moltissimo il lavoro del *compositore*. E se così non fosse, come potrebbesi oggi mettere insieme in poche ore un giornale contenente circa due milioni di lettere, equivalenti ad un volume in-8 di mille pagine composto con carattere di media grandezza?... Oh se tutto ciò potessero vedere i nostri primi maestri, quanto sarebbero orgogliosi della loro invenzione!

I caratteri non avevano per lo passato una base propria, di sorte che riesciva assai penosa l'operazione del comporre, dovendosi in essa adoperare assai di sovente caratteri disparati di corpo tra loro. — Fournier il giovine provvide a questo difetto creando un *prototipo*, al quale assegnò la lunghezza di 40 *linee* del piede francese (1) e divise il prototipo in duecento quaranta *punti tipografici*, perciò sei di questi punti equivalgono ad una *linea*. Grazie a tale unità di misura, tutto quanto concerne la formazione di una

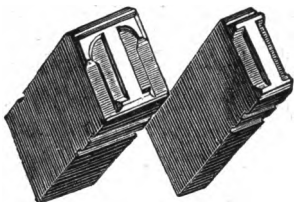



Fig. 5. Caratteri di stamperia.

composizione è sistemato sui *punti tipografici*, perfettamente d'accordo fra loro. Venti righe di corpo 12 equivalgono a 9 centimetri.

Oggi perciò, a definire la grandezza d'un carattere, si indica la forza del suo *corpo* (cioè della sua portata, della sua grossezza, del numero di punti di cui ogni carattere è composto). I caratteri più microscopici hanno 3 punti, e si chiamano microscopici, e crescendo di un punto alla volta si ottengono caratteri di qualsivoglia grandezza, fino al corpo 80

(1) Il piede francese si divide in 12 pollici, ciascuno dei quali si divide in 12 linee: esso equivale a circa 325 millimetri.

e più. Con questa nomenclatura numerica tutte le fonderie e tutte le stamperie del mondo possono intendersi fra loro: gli inglesi però e gli americani del nord non hanno ancora voluto assoggettarsi a questa regola fissa, e tanto utile nel facilitare il commercio di questo importantissimo materiale fra paese e paese, ma conservano sempre gli antichi nomi e corpi speciali che variano talvolta perfino da editore a editore. A Londra si è tentato di dare un po' d' ordine a questa confusione, e non volendo adottare il sistema detto *del dodici*, o dei punti Fournier, perfezionato dal Didot, che è il più razionale e logico, si è divisa una misura (o *riga*) di dodici punti tipografici in 20 parti uguali che pure chiamano *punti*, applicandone la quantità voluta ad ogni loro carattere che conserva per altro molto scrupolosamente il suo vecchio nome. È a dolersi che anche questa *mezza misura* non sia che da pochi adottata.

Noi riferiamo qui alcuni di questi nomi sia per curiosità storica, sia perchè anche da noi in talune stamperie così si usa chiamarli ancora, e li potete trovare in sui libri. Eccoli per ordine, passando dai più piccoli ai più grandi:

Microscopico — *Diamante* — *Parigina* o *Perla* — *Nompariglia* — *Mignona* — *Testino* — *Gagliarda* o *Garamoncino* — *Garamone* — *Filosofia* — *Lettura* — *Silvio* o *Sant'Agostino* — *Testo* — *Testo grosso* — *Piccolo parangone* — *Grosso parangone* — *Palestina* — *Canoncino* o *Piccolo canone* — *Trismegisto* — *Canone grosso* — *Canone doppio* — *Canone triplo* — *Nompariglia grossa*.

Questi nomi sono originati parte dalle loro dimensioni come indica il vocabolo, parte dalle opere a cui si solevano destinare, come quelli di filosofia o i testi

classici in foglio, parte per ricordo delle prime opere stampate in quei caratteri, come le opere di sant'Agostino.

Per grossezza poi uno stesso carattere può essere magro, mezzo magro, ordinario o grasso come qui vedete:

Magro o allungato, Comune, **Egizio o semi-grasso**,

grasso o normanno

grasso moderno

La *Composizione* è la unione delle lettere e dei segni formanti le parole, le linee, le pagine di qualsiasi natura. Nel lavoro della *composizione* entra pure

Fig. 6. Compositoio.

la disposizione geometrica dei filetti e degli intervall bianchi misurati, od anche occupati parzialmente da qualche parola destinata ad essere riprodotta sulla carta.

L'operaio *compositore* leva ad una ad una le singole lettere, che ei vede succedersi nel *manoscritto* che gli sta dinanzi, dalla *cassa* ove sono ordinatamente distribuite in altrettante *caselle* e le colloca l'una a fianco all'altra nel *compositojo,* piccolo istrumento di ferro ripiegato a squadra per lo lungo, chiuso all'estremità superiore con un pezzo saldatoi e provveduto d' un *tallone,* che è un pezzo metallico scorrevole entro il vano del compositojo e che si ferma col mezzo di una vite: esso serve a determinare la lunghezza della riga. Quando la riga è composta, e che

non sia di troppo lunga tratta, le si pone sopra un'*interlinea,* che è una lamina di metallo lunga quanto la riga, destinata a mantenere una conveniente distanza fra le righe; si stringe dolcemente la riga nella destra e la si pone sul *vantaggio*, piccola tavoletta fornita di due regoli formanti un angolo retto, nel quale vanno ad appoggiarsi tutte le linee. Le righe si collocano successivamente una dopo l'altra sino a tanto che se ne ha un numero conveniente; allora si stringono ai lati con una funicella sottile e si depone il *pacchetto* sulla tavola. — A quest'operazione fanno tosto seguito le bozze di stampa e le correzioni, le

Fig. 7. Vantaggio.

quali si operano col mezzo di una *pinzetta* di ferro armata superiormente di una punta alquanto lunga, per facilitare l'esecuzione tecnica delle correzioni. — Il compositore stabilisce la lunghezza delle pagine e si munisce di un regolo di legno o meglio di piombo, riducendole tutte ad una misura, collocando i numeri di pagina, scompartendo gli spazi, classificando le note, operando altresì tutto quanto la natura del lavoro e la teoria dell'arte richiede; quest'operazione chiamasi *impaginazione.* — Le pagine così disposte vengono collocate sulla tavola nel senso e modo voluto: ciò chiamasi *imposizione;* indi le pagine vengono sciolte dalla funicella e circondate da lingotti di piombo, che prendono il nome di *marginatura, cucitura, tagliatura* e *testa* a seconda del rispettivo posto che oc-

cupano; il tutto così disposto, si stringe la *forma* con cunei di legno o meglio di ferro per sottoporla all'azione dell'*impressione*.

Pronte le forme, resta ancora da *tirarle* sulla carta. Fino al nostro secolo, quest'operazione non si sapeva eseguire che col *torchio a mano*; ed oggi ancora,

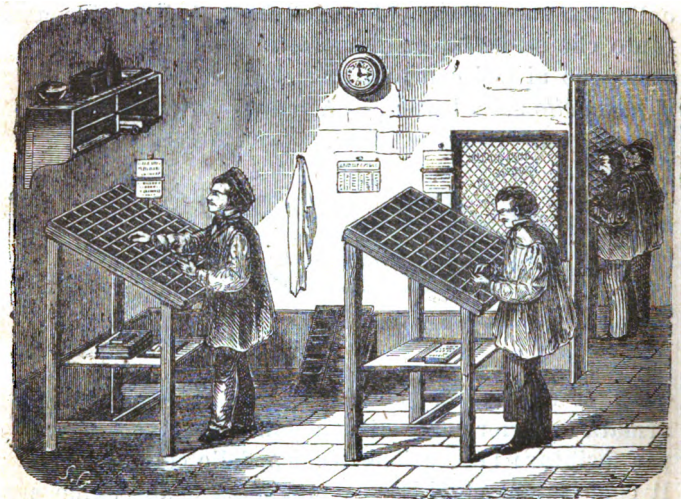



Fig. 8. Operai compositori davanti alle casse.

dopo inventata la tiratura a macchina, di cui parleremo più sotto, la tiratura a mano è il mezzo più usitato nelle tipografie piccole e di poca importanza, ed anco nelle tipografie grandi quando si tratta di tirare un piccol numero di esemplari.

Posta la forma sulla lastra *P*, l'operaio la spalma d'inchiostro passandovi sopra con un rullo elastico. La carta, bagnata o no, secondo che la qualità sia più o meno fina, viene posta sul telaio Z, che chiamasi

timpano; a questo si sovrappone parallelamente il telaio a giorno *Z'*, detto *fraschetta,* che serve a tener ferma la carta, ed a conservar pulite le parti del foglio che non devono ricevere l'impronta dei caratteri; i due telai così riuniti sono quindi abbassati a mulinello sulla forma, che per mezzo di un manubrio si fa scorrere sotto al congegno rappresentato in *N*,

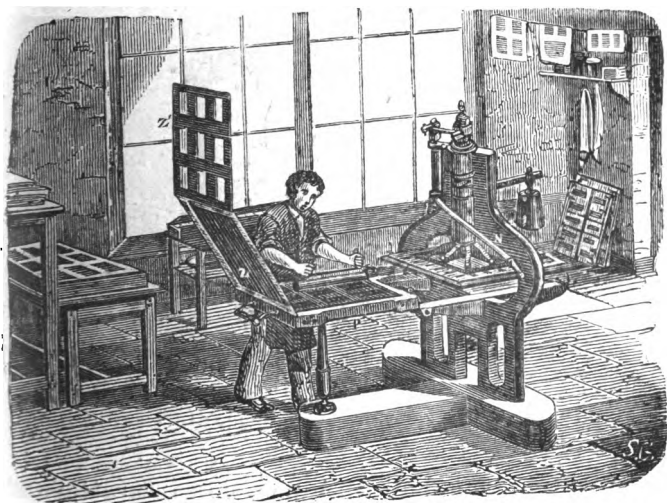



Fig. 9. Torchio a mano.

che dicesi *corpo* del torchio. Nel corpo c'è una vite di metallo, che gira entro ad una chiocciola; questa vite sostiene un piano orizzontale, chiamato *carro,* formato d'un robusto asse quadrangolare di legno o d'una lastra metallica; girando la vite, mediante apposito manubrio, il piano si abbassa e comprime fortemente il foglio di carta che già si trova fra il telaio e la forma; girando il manubrio in senso inverso, il

carro torna indietro, s'alzano quasi contemporaneamente il *timpano* e la *fraschetta,* e se ne leva il foglio che è stampato, onde ricominciare la stessa operazione per un altro foglio. Compiuta la tiratura, si leva la forma; e dopo lavata con lisciva ed acqua, i compositori la *scompongono:* prendono, vale a dire, i caratteri uno ad uno e li rimettono celeremente nei

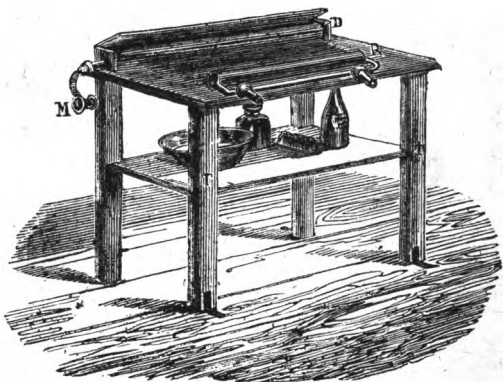



Fig. 10. Tavoletta per intridere d'inchiostro i rulli.

corrispondenti cassettini. Così uno stesso carattere serve moltissime volte e presta i suoi servigi nei casi più disparati: oggi figurerà in una poesia per nozze, e forse domani comparirà in una necrologia.

La figura 10 mostra come si intridono di inchiostro i rulli, coi quali poi si spalmano d'inchiostro le forme. Una dose d'inchiostro nero e pastoso, composto di nerofumo impastato con olio di noce o di seme di lino, è posta in un'incanalatura che termina la tavoletta *T.* Col manubrio *M,* l'operaio fa girare il rullo *D,* e così una certa quantità d'inchiostro passa sulla super-

ficie piana della tavoletta. Il rullo portatile *R* ne resta tutto intriso, girandolo sulla superficie, e viene quindi trasportato sulla composizione collocata sul torchio, come s'è veduto nella figura 9.

Quando si vuol stampare con grande rapidità tutta una copiosissima edizione, come ad esempio pei giornali che si tirano a decine di migliaia d'esemplari, e devono esser pronti nel corso di poche ore, il torchio ordinario riesce assolutamente insufficiente. Si ricorre in tal caso al torchio meccanico, ideato nel 1790 dall'inglese Nicholson e poi costrutto ed introdotto nella pratica per merito d'un modesto orologiaio sassone per nome Federico König. Questi, non avendo trovato in patria alcuno che gli desse ascolto, si recò a Londra nel 1804, calcolando di trovare appoggio nello spirito intraprendente degli inglesi; trovò infatti aiuto in un capitalista che pel corso di dieci anni sostenne le spese dei replicati esperimenti intrapresi dal perseverante inventore. I quali finalmente sortirono esito felicissimo e dal 28 novembre 1814 il famoso giornale inglese il *Times* fu stampato col torchio meccanico di König. Però il primo saggio di stampa meccanica fu fatto sul *Manuel Register,* nel 1811.

Presentemente il *Times* si stampa con un gigantesco torchio meccanico di cui parleremo più innanzi.

La figura 11, che presenta un ottimo sistema di torchio meccanico, farà comprendere meglio d'ogni spiegazione i mezzi che servono oggi a tirare le stampe con immensa rapidità e con due soli operai.

A è una ruota messa in movimento da una macchina a vapore o semplicemente da manovali. Una correggia *B* trasmette il movimento alla ruota *C*. Questa s'ingrana con la gran ruota dentata che le sta di sopra, e questa con la vicina. Queste due ruote,

e tutti i cilindri sui quali sono fissate, sono dunque dotati di un movimento di rotazione. Un tavolone *D*, che porta le forme già bell'e composte, riceve dalla ruota *C* un movimento orizzontale di va e vieni. Un operaio mette il foglio di carta bianca *M* sul pendío di tre cilindri, che lo trascinano sopra un quarto cilindro H, che lo fa passare sul tavolone *D*, ove incontra il principio della forma inchiostrata che si avanza nello stesso senso, e contro la quale resta compresso. Per tale contatto e tale pressione, la carta si trova interamente stampata.

Ma non c'è ancora che una faccia del foglio stampata, che si dice la *bianca;* ecco come si fa a stampare l' altra faccia, cioè la *volta.* Quando il foglio è stampato da una parte, questa parte stampata va ad avvolgersi, per mezzo di alcuni nastri convenientemente disposti al suo passaggio, sulla superficie del cilindro *I*, tenendo al di fuori la parte *bianca;* la parte *bianca* si avvolge poi sulla superficie del cilindro *K*, e passa al di fuori la parte stampata. La quale finalmente passa ad avvolgersi da sè sulla superficie del cilindro *L*, e torna al di fuori la parte *bianca* per ricevere l'impressione sur una seconda forma, il cui va e vieni è connesso alla rotazione del cilindro *L*.

Una combinazione ingegnosa di nastri è quella che fa passare il foglio di carta da un cilindro all'altro Finalmente è la macchina stessa che applica l'inchiostro sulle forme per mezzo di un sistema di rulli girevoli, che si vede all'estremità sinistra della figura. Essi pigliano l'inchiostro da un'attigua cassetta, chiamata calamaio, lo distendono, se ne intridono uniformemente e ne spalmano le due forme ogni volta che nel loro moto di va e vieni vi passan sotto.

Ma la macchina da noi ora descritta (fig. 11) è

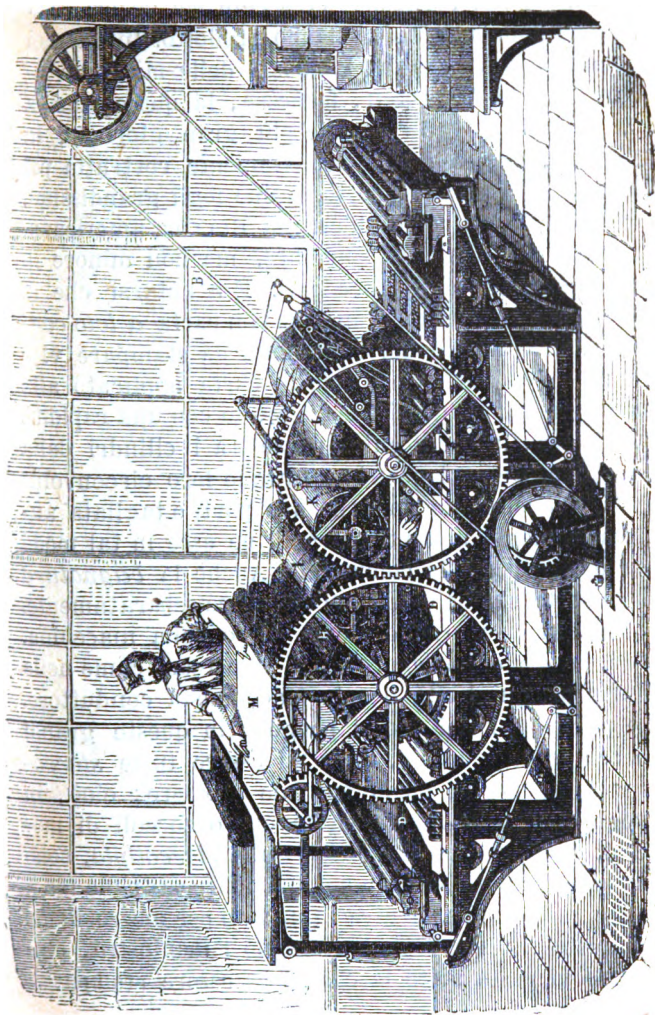



Fig. 11. Torchio meccanico.

stata di molto sorpassata in questi ultimi tempi da tante altre che l'esigenza crescente nei lettori e lo sviluppo della meccanica hanno prodotto. Infatti noi abbiamo a noverare fra i colossi delle macchine tipografiche la MARINONI, francese, la quale stampa 30,000 esemplari all'ora de' più gran giornali; la WALTER, inglese, ora espressamente costrutta pel giornale il *Times* composto di due fogli grandissimi, e ne tira 15,000 copie all'ora; la BULLOK, americana, di modello tutt'affatto singolare, ma non minore in produzione alle due precedenti. È a notarsi che la WALTER e la BULLOK stampano con carta *a telo continuo*, cioè invece dei soliti fogli da stampare vi è un unico ed immenso rotolo di carta applicato alla macchina. Dipanandosi questo rotolo con una rapidità prodigiosa, la carta entra da sè fra i cilindri della macchina, segue i nastri in tutte le loro circonvoluzioni, finchè, stampata dalle due parti e tagliata automaticamente in tanti giornali, ne esce in tal modo per essere posta in commercio. Anche la *bagnatura* della carta, che nelle altre si eseguisce separatamente, è fatta in queste nello stesso corpo della macchina. Così, invece di impiegare più di 12 persone come nelle Marinoni, qui basta il solo macchinista conduttore. Le pagine dei tipi che si pongono in queste grandi macchine da giornali, oltre ad essere tutte *stereotipate*, hanno un modo speciale d'essere; cioè, in luogo di piane e fissate su tavole o zoccoli di metallo, come diremo al capitolo sulla *stereotipia*, sono curve e fermate su grandi cilindri disposti nelle macchine in modo che, mentre da un lato per mezzo di un completo sistema di rulli ricevono l'inchiostro, dall'altro vi passa sotto la carta per essere stampata.

IV.

LE MACCHINE COMPOSITRICI.

A questi grandi mostri della tipografia si aggiungono molte altre macchine accessorie, che noi ci limiteremo ad enumerare non potendo dilungarci nel descriverle; e sono: la *Numeratrice*, la *Piegatrice*, la *Perforatrice*, la *Cucitrice*, la *Rigatrice*, la *Libraia*, la *Tagliatrice*, la *Bustaia*, e tante altre di minor conto che servono tutte alla preparazione e confezione dei libri e d' ogni sorta di stampati. — Però quella che eccita a giusta ragione la curiosità del pubblico e l' attenzione dei tecnici è la macchina *Compositrice*. Si tratta di sostituire l'opera del compositore, cioè di quell'intelligente operaio che legge il manoscritto il più indecifrabile, e leva una per una dalle casse le lettere, i punti, gli spazi, ecc., per collocarli nel compositoio e formarne righe, colonne e pagine.

Di queste ingegnosissime macchine, destinate a portare una grande rivoluzione e fors'anche un grave perturbamento nell'andamento economico della classe operaia tipografica, se ne sono inventate e costrutte in Inghilterra, Francia, Germania, Russia, America, da Mackie, Hattersley, Kastenbein, Winder, ecc. Ve ne sono di diverse specie e forme, che però possono dividersi in due distinte categorie: quella di Mackie, che è una felice applicazione dell' ingegnoso sistema del telaio Jacquard; e l' altra di Kastenbein, a uso pianoforte con una, due, tre o più tastiere.

La *Compositrice* dei signori Mackie di Manchester

si divide in due sezioni perfettamente disgiunte l'una dall' altra, tanto da lavorare l' una a Milano, per esempio, l'altra a Firenze. Una si chiama la *perforatrice*, l'altra l'*automatica*, o *compositrice* propriamente detta. — La *perforatrice*, che potrebbe figurare nel salotto d'una gentile signorina che colle proprie manine la ponga in movimento, come farebbe della macchina da cucire, è costrutta in forma di un piccolissimo cembalo con 14 tasti o *chiavi*. Una fettuccia di carta rotolata sopra rocchetti, come vediamo spesso negli uffici telegrafici, scorre in una apposita scanalatura, passando sotto il *giogo* della macchina, ove da 14 punte è successivamente perforata a prestabiliti intervalli che corrispondono alle lettere del manoscritto che l' operatrice ha davanti a sè od a quelle che si desiderano dalla *compositrice*; questa operazione è fatta colla massima celerità. Dopo una certa pratica si può perforare in un' ora tanto manoscritto per circa una colonna del *Times* o due dei nostri più grandi giornali di carattere medio. La striscia indefinita di carta, forata con una macchina a 14 chiavi, serve per 140 specie di caratteri, con 20 chiavi le specie di caratteri che si possono impiegare salgono a 400. Con queste macchine si ha il gran vantaggio che si possono forare contemporaneamente molti duplicati per essere venduti a diversi giornali od applicati a parecchie *automatiche*, cosa utilissima per edizione grande ed istantanea. Preparato in tal guisa, il manoscritto è applicato all' *automatica*, che consiste in tre grandi cerchi mobili posti orizzontalmente l'uno sopra l'altro e fissati nel loro centro intorno un asse verticale unito alla base coll'armatura della macchina stessa, dove un sistema di ruote dentate riceve dalla mano dell'uomo o dal va-

pore il movimento e lo tramanda ai cerchi operatori. Un moderatore applicato all'estremità dell'asse ne regola tutto il movimento. Sulla faccia piana del cerchio superiore sono fissate 20 scatole parallelepipede contenenti ciascuna sette qualità di tipi; il cerchio mediano, che è in continua e più celere rotazione dell'altro, serve a ricevere le lettere che escono dalle scatole del cerchio sovrapposto e portarle ad una specie di scaricatoio che vedesi sul davanti della macchina, ove un lungo e stretto *vantaggio* le riceve sdraiate una presso l'altra, e tutte rivolte da un lato; un esperto compositore, munito di un *compositoio* e d'un'*interlinea* a *giustezza* determinata, ne leva celeremente la quantità necessaria a formare la riga la giustifica e la pone sul *vantaggio* come d'ordinario. A destra di chi osserva si vede un piccolo congegno a contatto col terzo cerchio, munito di un tamburo con 14 punte e del cilindro che porta la carta perforata che vi passa sopra a dolce sfregamento; un sistema di piccole ruote graduate fa muovere tutto l'apparato, e s'intende da sè che ogni qualvolta una delle 14 punte incontra un buco nella carta, vi entra facendo muovere una molla che alzandosi trasmette il movimento ad un'altra la quale fa aprire la scatola che si trova in quell'istante a passar sopra e ne fa uscire una lettera e così via di seguito. Tutto il sistema agisce sotto l'influenza di un dato calcolo che fa incontrare esattamente i diversi pezzi della macchina per produrre istantaneamente i voluti effetti. —

Dopo gli ultimi perfezionamenti i signori Mackie compongono colle loro macchine per circa 20,000 lettere all'ora: ciò equivale al lavoro di più di 12 compositori.

La *compositrice* di Kastenbein, in forma di piano-

forte, occupa metri 1,26 di larghezza, metri 0,50 di profondità e metri 2,50 al più di altezza. Si lavora per mezzo di una tastiera divisa in 4 serie di tasti, che ne rendono facilissimo il maneggio. La quadruplice tastiera corrisponde a tutte le lettere, segni e spazi necessari; il tutto di un dato carattere romano e contenuto in lunghe scatole di latta. Dietro la tastiera si leva una piastra di ottone sagomata a ventaglio in tanti piccoli canali quanti sono i tasti, e che sboccano tutti in un canale comune, all'estremità del quale è il punto ove si ferma la riga. Al disopra di ciascun canaletto sta una scatola contenente i tipi; non appena si è toccato un tasto, la molla fa aprire la scatola ed una lettera ne esce e scorrendo lungo il canale si presenta all'apertura comune nella giusta posizione ed entra nel compositoio; ivi riceve un piccolo colpo che la spinge innanzi per dar posto alle altre, e così di seguito. L'operaio che lavora alla macchina legge l'originale e muove i tasti componendo per circa 10,000 lettere all'ora quando sia esperto.

La *scomposizione* dei caratteri, acciò sieno coordinati in modo adatto a queste macchine, si fa indistintamente colla *scompositrice*, piccola macchina costrutta quasi come la precedente e che agisce in senso inverso; cioè, leggendo la copia da scomporre e muovendo analogamente i tasti, le righe si decompongono ed ogni lettera va ad adagiarsi nella propria scatola. Finora però i risultati che se ne ottengono sono assai limitati per la mancanza di pratica negli operatori, e non si hanno i vantaggi che è ragione ripromettersi da simili invenzioni.

V.

LA STEREOTIPIA.

Sua utilità. — I cartoni e le matrici.
I *cliché*. — I Giornali illustrati — Le opere stereotipate.
L'orefice Ged e Firmin Didot.

Generalmente, dopo aver stampata un' opera, gli operai tipografi, o le macchine a tal uopo inventate, la scompongono, ossia rimettono ogni lettera nell'apposito cassettino, per modo che diventa impossibile un'ulteriore tiratura. Avviene però talvolta che un'opera, di cui siasi tirato un certo numero di esemplari, abbia uno spaccio maggiore di quello che si prevedeva; l'editore ne rimane privo e non può quindi soddisfare alle nuove richieste che di quell'opera gli vengon fatte dai librai e dai privati. In tal caso egli è obbligato a far nuovamente *comporre* tutta l'opera, per poterne poi tirare di bel nuovo quel numero di esemplari che crederà necessario. Ma per ricomporre tutta l' opera è mestieri consumare non poco tempo e spendere una somma non indifferente. Onde evitare questo maggior dispendio di tempo e di danaro, è da non molti anni venuta in uso la *stereotipia*, di cui vogliam ora darvi un cenno. Questa parola deriva da due vocaboli greci: *stereos* solido, e *typos* che, come già sapete, vale tipo, carattere: infatti la stereotipia è l'arte di convertire in tipi solidi, in forme e tavole solide di metallo, le pagine che erano state dapprima composte in caratteri mobili.

Dopo tirato, dell'opera che si stampa, quel numero

d'esemplari che si ritiene opportuno, si preparano dei cartoni speciali composti di cinque a sei fogli di carta fina di seta, incollati l'uno sull'altro mediante uno strato di pasta, formata di farina di frumento e bianco di Spagna, che si distende sulla carta per mezzo d'un pennello a ventaglio. Si dispone il cartone così preparato sopra la forma, ossia sul complesso dei tipi formante una pagina, la qual forma è stata previamente spalmata con un po' d'unto onde impedire la troppa aderenza fra i tipi ed il cartone; si comprime quest'ultimo mediante un'apposita spazzola, e quando il rilievo dei tipi sta per forare in più punti il cartone, vi si incolla sopra un altro foglio di carta, e si ripete con la spazzola la compressione che viene ultimata sotto apposito torchio. Dopo quest'operazione il cartone presenta in incavo tutte le particolarità che la forma presenta in rilievo: cioè ogni lettera sembra incavata nel cartone ed il cartone offre quindi un'immagine incavata, e perfettamente fedele, della pagina su cui fu compresso. I cartoni così preparati si asciugano e si disseccano a lento fuoco per poi servirsene all'occasione. Queste sono le *madri* o *matrici.*

Le matrici si possono anche ottenere in altro modo: si circonda la forma, previamente spalmata d'unto per impedire l'aderenza, con un telaio i cui orli la sormontino, e quindi vi si versa sopra una poltiglia scorrevole di gesso stemperato nell'acqua; lasciando asciugare quel gesso, si ottiene la fedele riproduzione — a rovescio — della forma. Con un terzo metodo si adoperano guttaperca e piombaggine, questo miscuglio riproduce i tipi con una nitidezza ammirabile; e d'altri metodi ancora potremmo dire, ma li omettiamo per brevità.

Quando ha in magazzino queste *matrici*, l'editore sarà ben contento che si esaurisca la prima edizione del suo libro; egli non avrà più da ricomporre tutta l'opera; chè le matrici ottenute nel modo che abbiam detto gli offrono un mezzo facile ed economico per ottenere in pochi istanti tutta la composizione dell' opera. Basta infatti prendere quelle *matrici*, e co-

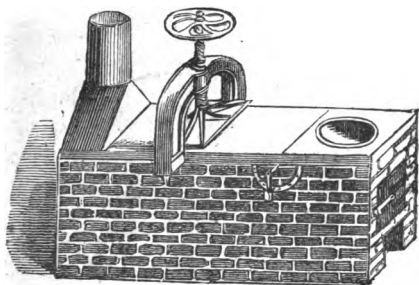



Fig. 12. Fornello per la fusione del metallo, e torchio per la compressione dei cartoni.

larvi sopra allo stato liquido il metallo da caratteri, servendosi d'apposito torchio (vedi fig. 13) che tien salda la matrice durante quest' operazione. Il metallo fuso va ad occupare tutti gl'incavi della matrice; e, raffreddato che sia, avete la vostra pagina bella e fatta, ove sono fedelmente riprodotte tutte le parole e tutti i segni che prima esistevano nella composizione originale. Con tutta la malignità del mondo non sareste capaci di ritrovare in questa nuova forma, così ottenuta, neppure la mancanza di una virgola o di un punto sull'i. Allora non resta altro a fare che

prendere i pezzi di metallo così ricavati dalle matrici, fermarli sopra zoccoli di legno e portarli sotto ai torchi tipografici, per ottenerne poi quante copie si vuole. Queste pagine così stereotipate, che presentano una lastra di metallo inchiodata sopra una tavola di legno, si chiamano volgarmente *cliché*.

È in questo modo che certi grandi giornali, che

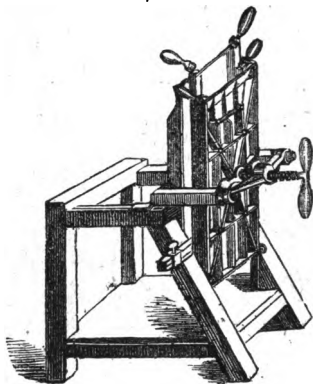



Fig. 13. Torchio per la stereotipia.

devono essere stampati a decine di migliaia di esemplari in poche ore, vengono stereotipati: non appena composti, se ne ricavano cinque o sei stereotipie, per modo che altrettante macchine tipografiche possono funzionare contemporaneamente. Per le grandi macchine destinate a stampare i giornali si fanno delle stereotipie curve, che si ottengono piegando leggermente le matrici con appositi apparecchi.

In modo analogo si può da una sola incisione in legno ricavare un grandissimo numero di stereotipie, del tutto identiche alla matrice originale. Così ci ac-

cade di vedere uno stesso disegno pubblicato precisamente nello stesso modo e nello stesso tempo in tanti giornali di tanti paesi: il disegno originale è fatto, esempligrazia, a Londra, e là viene inciso nel legno: indi i *cliché* viaggiano alla volta di Parigi, di Lipsia, di Milano, di Nuova York. A questo modo è possibile pubblicare il celebre giornale *Il Giro del Mondo* in undici capitali diverse.

Ma la stereotipia non è vantaggiosa soltanto per la celerità e l'economia, essa è inoltre utilissima quando devonsi ottenere opere stampate con tutta l'esattezza, o, come dicesi, con tutta la *correzione* possibile; poichè colla stampa ordinaria, anche dopo corrette le bozze, non si può star certi, per la mobilità dei caratteri, che una qualche lettera non si sposti durante la tiratura e venga falsamente sostituita dagli operai. Inoltre una seconda edizione potrebbe risultare più imperfetta, o *scorretta*, della prima; con la stereotipia non si introducono nuovi errori e si è sempre in grado di correggere con facile manovra quelli che si rendessero manifesti. Per tal motivo le opere che richiedono una correzione rigorosa, come sarebbero le tavole numeriche adoperate dai matematici, le opere dei classici, le enciclopedie, dopo essere state ripetutamente rivedute sulle forme, vengono stereotipate, e così stampate anche le prime edizioni. Le tavole logaritmiche-trigonometriche del Callet furono le prime ad essere stampate a questa guisa nel 1797 dal celebre editore Firmin Didot, a cui dobbiamo la *reinvenzione* della stereotipia: ed è in grazia alla somma cura portata dal Didot stesso nella correzione di quelle tavole, che esse sono considerate anco al presente come le più esatte.

Abbiamo detto la *reinvenzione* per parte di Firmin Didot, perchè prima di lui Guglielmo Ged, nato in Edimburgo nel 1690 e che fu per molti anni orafo e gioielliere, dopo molte peripezie, fatiche e studi, inventò la stereotipia. Non fu però molto fortunato, perchè, come tutti gli inventori, ebbe accaniti avversari e soffrì stenti e miserie.

Ged fu impiegato per qualche tempo nella stamperia di Cambridge per intercessione del conte di Macclesfield, ma dovette andarsene per la malignità de' suoi nemici.

Il primo libro intieramente stereotipato è il *Sallustio*, stampato nell'originale latino nel 1736.

Ged morì povero nel 1749, e il suo segreto che non volle mai palesare per qualsiasi moneta svanì con lui. Perciò si può dire a giusto diritto che il merito della *reinvenzione* spetta al Didot di Parigi nel 1795; e tosto si perfezionò assai in Inghilterra da Stanhope, Tilloch e Wilson.

L' INCISIONE.

I.

Antichità dell' incisione. — I nielli e Benvenuto Cellini. — Incisione per incavo e in rilievo. — L' incisione in rame ed in acciaio. — Maso Finiguerra. — Marc' Antonio Raimondi. — Il bulino. — Incisori celebri. — L' incisione in rame ad acqua forte. — L' acido nitrico. — Alberto Durer e il Parmigiano. — Venceslao d'Olmütz.

Fra tutte le arti, l'incisione è forse la prima che sia stata messa in pratica; trovansi infatti differenti pezzi di metallo con ornamenti o figure incise dagli egizii, dai romani e dai greci. Come esempio d'incisione anco presso gli ebrei, si potrebbe citare la piastra d'oro col nome di *Jehovah*, ch' era posta sul berretto del loro sommo pontefice.

Erano *nielli*, come si chiamavano, gli ornamenti o figure incavate sopra i lavori d' oreficeria, e i cui tratti sono riempiti d' una specie di smalto nero. Per niellare l' argento, vi si incidono dapprima i disegni, poi le parti incavate vengono riempite di uno smalto. Questo si ottiene ordinariamente facendo fondere in un crogiuolo 38 parti d'argento, 72 di rame, 50 di piombo, 36 di borace e 384 di zolfo; il prodotto di questa fusione vien colato nell' acqua, lavato con una debole soluzione di sale ammoniaco, poi con acqua leggermente gommata. La pasta che ne risulta si applica sulla piastra d' argento, che vien messa

a scaldare fino al rosso scuro, e quando il mescuglio è ben fuso insieme col metallo, in modo da formare una cosa sola, si leva la piastra dal fuoco. Colla lima dolce si toglie quel niello che c'è al di là dei tratti dell'incisione, poi si leviga la superficie coi mezzi ordinarii.

Questo modo di decorazione fu importato, probabilmente verso il VII secolo, dall'Oriente in Italia; lo si adoperava specialmente per ornare i vasi sacri e le armature dei cavalieri. Nel XV secolo gli artisti italiani praticavano il niello con rara perfezione: ne uscivano capolavori che si ammirano tuttavia nei musei. Abbandonata l'invenzione dell'incisione col bulino, quest'arte fu un istante ripresa da Benvenuto Cellini verso il 1550; ma ben presto ritornò nell'obblio, almeno in Europa. Il niello è pur sempre in grande onore presso gli orientali, e un po' in Russia; da noi lo si usa rare volte per lavori d'oreficeria e decorazioni di tabacchiere d'argento.

Ma la incisione propriamente detta, cioè la riproduzione sulla carta di disegni incavati o rilevati sul metallo o sul legno, non è di data antica; essa non risale che al tempo del Rinascimento, quando fu scoperto in Italia il modo di tirar una prova sulla carta, di una piastra di metallo inciso.

Facendo grazia al lettore dei numerosi metodi con cui si pratica oggi l'incisione, diremo solo dei principali. D'altra parte la materia su cui si incide, può essere svariatissima, come il legno, il rame, l'acciaio, la pietra, il cristallo. I sistemi adunque possono ridursi a due: al metodo per rilievo, come ne' caratteri per la stampa, e al metodo per incavo. L'incisione in legno è formata in rilievo; quella in rame ed in acciaio, di tratti incavati. Le incisioni in

legno si stampano allo stesso modo dei caratteri tipografici; quelle in rame od in acciaio si ottengono passando sulla lastra metallica una spugna imbevuta d'inchiostro tipografico in modo che questo si interni

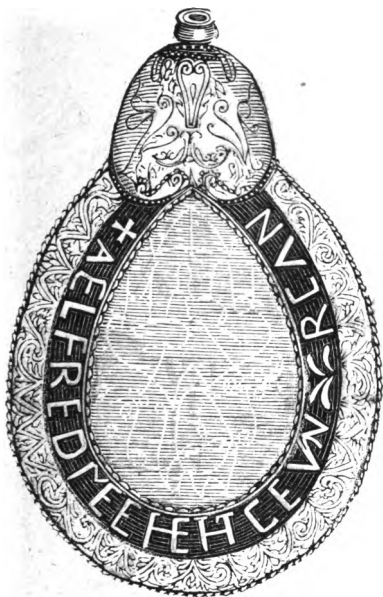



Fig. 14. Incisione a niello.

negli incavi dell'incisione: levato quindi con un panno l'inchiostro eccedente, rimasto sugli spazii che dovranno risultar bianchi nella tiratura, e ricoperta la lastra con un foglio di carta inumidita, la si comprime fra due cilindri mossi da un semplice torchio a mano.

L'incisione in rame fu inventata nel 1452 dall'o-

refice fiorentino *Tommaso Finiguerra.* Questo artista, avendo condotto a termine una piastra d'argento per S. Giovanni di Firenze, studiava il mòdo di conservare l'impronta di alcune figure che vi aveva

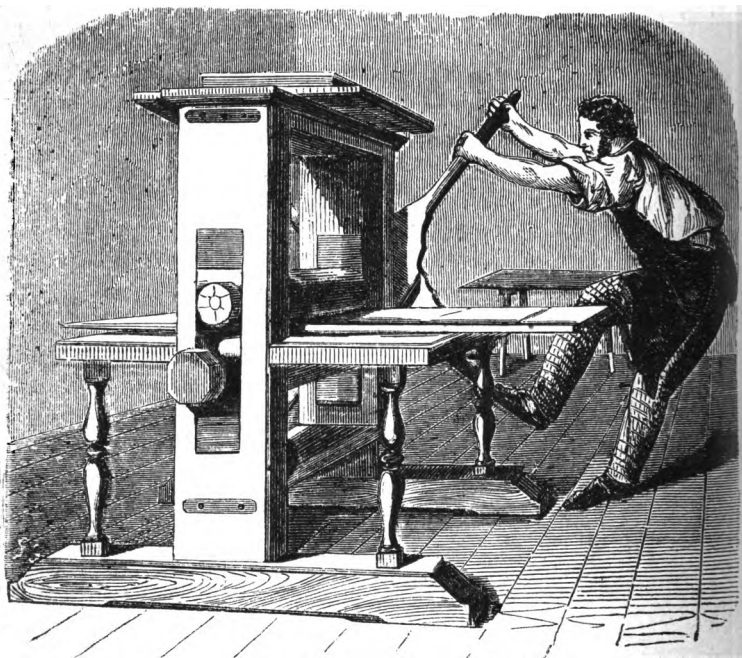



Fig. 15. Torchio per la tiratura delle incisioni in rame.

incise. Immaginò di tingere la sua opera con nero fumo infuso nell'olio, e di comprimere poscia la piastra sopra un foglio di carta umida. L'operazione riuscì; ed ecco inventate le *stampe,* di cui gli antichi non avevano la menoma idea.

Siccome da principio l'incisione non serviva che

ad ornare i gioielli, le piastre di cui si faceva uso erano piccolissime e il metallo adoperato era l'argento. Quando poi, ad esempio di Maso Finiguerra, si volle incidere su grandi piastre per trarne le impronte sulla carta che prende il nome di *stampa*, un metallo meno prezioso, lo stagno, fu sostituito all'argento. Ma lo stagno è sì molle, che fornisce appena una ventina di riproduzioni. Ad un altro italiano, al celebre *Marc' Antonio Raimondi*, spetta il vanto d'aver surrogato il rame allo stagno. Questo grande maestro, uno dei primi creatori dell'incisione al bulino, portò quasi subito l'arte alla perfezione. Dobbiamo a lui la riproduzione dei principali quadri e disegni di Raffaello; e le sue opere, che risalgono ai principii dell'arte, sono pure da annoverarsi fra i più bei monumenti del genio umano. Dopo il Raimondi fu sostituito al rame l'acciaio, che per la sua estrema durezza basta a tirature più numerose. Mentre una lastra di rame dà non più di tre a quattro mila stampe, quella d'acciaio ne può fornire, senza deformarsi, sino a venti mila.

L'incisione al bulino, semplicissima nel suo meccanismo, richiede nell'artista abilità e destrezza speciali. Essa consiste nel formare il disegno sulla lastra di rame per mezzo di incavi differentemente incrociati.

Sopra una piastra di rame purissimo, ripulita con mezzi speciali, ma poi ricoperta d'una vernice nera, od anche nuda, si comincia a tracciar leggermente il disegno con una punta d'acciaio. Chiamasi *bulino* l'istrumento di acciaio che serve ad intagliare profondamente il metallo. È il bulino un piccolo pezzo d'acciaio ben temprato, la cui estremità, tagliata di traverso, presenta una punta allungata ed acuta. Esso

è incastrato in un manico di legno che l'artista impugna in modo che l'estremità dell'istrumento è distesa sul metallo da incidere, sul quale ci fa scorrere la punta del bulino dirigendola opportunamente con le dita.

Le più belle incisioni al bulino furono fatte nel decimosettimo secolo da Agostino Caraccio, Sadeler, Paolo Ponzio, Vorstermann, Masson, ecc. Nel decimottavo secolo si citano i nomi di Wille, Raffaello Morghen che va sopra tutti, Bervic e Tardieu. Il nostro secolo decimonono produsse Toschi, Jesi, Calamatta e Aloysio Juvara. L'incisione in rame, lavoro d'arte, difficile e lungo, è quasi abbandonata, avendo dovuto cedere il campo ai più facili e più economici metodi dell'incisione in legno, della litografia, della fotografia, che servono allo stesso scopo di riprodurre a migliaia di copie i disegni.

Gli artisti del decimosesto e del decimosettimo secolo incidevano, i più, col bulino solo. Oggi si prepara quasi sempre il lavoro intonacando la piastra di acqua forte; il bulino non serve che a terminare l'opera già incominciata.

L'incisione in rame ad acqua forte consiste nell'incavare il metallo per l'azione dell'acido nitrico diluito nell'acqua; quest'acido corrode ed incava il rame e l'acciaio ma lascia inalterata la cera.

Per incidere ad acqua forte, che così chiamasi volgarmente l'acido nitrico, si intonaca una piastra di rame con una leggera vernice di cera, che si distende e si annerisce col mezzo della fiamma d'una candela; su quella materia si incide col bulino che leva la cera. Indi si versa l'acqua forte sulla piastra, che è contornata da un orlo di cera affinchè il liquido non isfugga. L'acqua forte, venendo a contatto

Fig. 16. Modo d'inverniciare l'incisione.

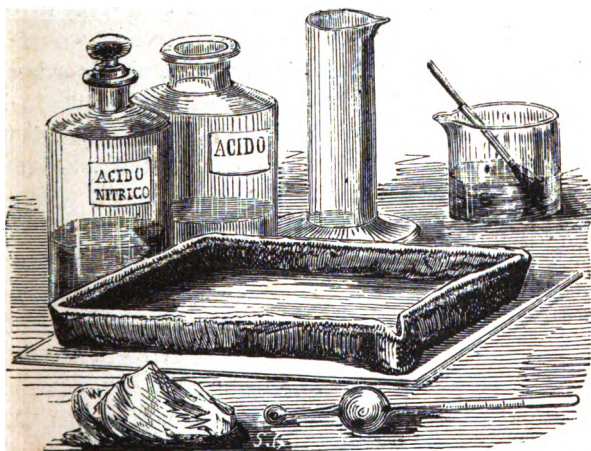



Fig. 17. Uso della piastra all'acqua forte.

colla piastra di rame ne' soli punti toccati dall'incisione col bulino, corrode la piastra e la rende atta all'impressione come se fosse stata incisa col bulino; mentre non intaccando menomamente la cera, lascia intatte le parti che ne rimasero coperte. D'ordinario si comincia l'incisione in rame coll'acqua forte e si termina col bulino; il che dà all'opera maggiore uniformità e perfezione.

La Germania disputava fino a ieri all'Italia l'onore di questa invenzione, attribuendola ad *Alberto Durer:* se Francesco Mazzola, detto il *Parmigiano*, non ne fu l'autore, esso ha il merito di essersi servito pel primo in Italia di questa maniera d'incisione. Ma oggi apparisce che neppure il Durer fu l'inventore. Fu trovata al Museo britannico di Londra un' incisione all'acqua forte dovuta a *Venceslao d'Olmütz*, con la data del 1496. Venceslao avrebbe quindi la priorità dell'invenzione, giacchè la più antica delle incisioni di Alberto Durer porta la data del 1515 e il Parmigiano nacque nel 1503.

Oltre ai tre che abbiam nominato, si ricordano i nomi di altri artisti che primeggiarono in questa incisione: Berghem, Paolo Potter, Swanevelt, Rembrandt, Annibale Carraccio, Guido Reni, Salvator Rosa, Castiglione, Claudio Lorrain, ecc.

Il torchio che serve a tirare le stampe è differente dal torchio tipografico. La figura 15 ne mostra la struttura.

II.

L'INCISIONE IN LEGNO.

Suoi vantaggi. — Le opere illustrate. — Due metodi d'incisione. — Le carte da gioco. — Il primo libro con vignette in legno. — Ugo da Carpi. — L' incisione a chiaro-scuro. — Andreani. — Alberto Durer e l' imperatore Massimiliano. I miniaturisti. — Luca di Leida, Holbein e Altdorffer. — Morte dell'incisione in legno e sua risurrezione. — Legno di pero e legno di bosso. — Di filo e di testa. — Piorità dell'Inghilterra. — Wittingham. — Sontuose edizioni francesi Luigi Sacchi e i *Promessi Sposi*. — Le scuole italiane.

Quest'incisione, che, come abbiam detto, si opera in rilievo, presenta un grande vantaggio. I legni incisi possono esser tirati col torchio tipografico, quindi essere posti entro le forme di stamperia, e fornire, nel testo stesso dei libri, le stampe che si tirano contemporaneamente al testo. Così si ottengono le così dette *opere illustrate*, cioè le opere che contengono disegni intercalati nel testo. La grande comodità di non fare che una tiratura sola ha dato un'enorme estensione ai giorni nostri alle incisioni in legno, e quindi ai libri illustrati. Di questo genere sono le incisioni che vedete in quest'opera.

Noi ci occuperemo più a lungo di questo genere di incisione, perchè oggi è il più divulgato e predestinato ad un grande avvenire. I cenni che seguono sono tolti quasi letteralmente da uno scritto del prof. Salvioni (1).

Avvi due metodi d' incidere in legno, i quali non

(1) Cenni storici sulla Zilografia. Torino. Civelli, 1868.

devonsi confondere, perchè molto diversi l'uno dall'altro. Il primo, antico e che servì molto tempo alla riproduzione delle opere dei grandi maestri e all' impressione delle vignette destinate ad ornare libri, è oggi quasi intieramente abbandonato al servizio dell'industria manifatturiera. Il secondo al contrario tutto nuovo, portato dai francesi e più ancora dai tedeschi e dagli inglesi al più alto grado di perfezione; raggiunse sovente la purezza e la finezza delle migliori incisioni in acciaio.

Gli orientali sono certamente gl'inventori dell' incisione in legno; quest' arte restò per molto tempo ignorata in Europa. L' incisione in legno precedette di qualche decennio, come abbiam già veduto, l' invenzione della stampa. Si presume che codesto genere d'incisione siasi sviluppato per merito dei fabbricatori di carte da gioco, detti in tedesco *formschneider*, vale a dire tagliatori di forme o matrici: così venivano allora appellati gli incisori. Si incisero in seguito le iniziali di qualche libro; ma non è noto il tempo preciso in cui quest' arte fu applicata a soggetti più importanti. Certo è che prima del 1430 furono incisi sul legno dei soggetti della Bibbia. La più antica stampa di questo genere è un san Cristoforo inciso in Alemagna, che porta il millesimo 1423.

Per altro, solo verso il fine dello stesso secolo XV, quest' arte si palesò in aspetto più favorevole. A quella data si trova una cronaca illustrata di Norimberga con più di duemila incisioni sul legno, dovute a Pleydenwurff e a Vohlgemüth, maestro di Alberto Durer; ma la ruvidezza del taglio linea e non differisce guari da quello che era nell'origine dell'incisione.

Nel 1467 comparve a Roma il primo libro con vi-

gnette incise in legno per cura dell' editore tedesco Hulrich Gallus: è l'opera del cardinale Turrecremata, *Meditationes*, ecc., *positæ et depictæ de ipsius mandato in Ecclesiæ ambi tu sanctæ Mariæ de Minerva, Roma.* — I disegni di quelle incisioni, in numero di trentatrè, che risentono ancora un po' dello stile delle prime tavole zilografiche della *Bibbia dei poveri* e della *Storia della Vergine*, sono di una maggiore dimensione, ma più correttamente disegnate. Vengono quindi l'*Opus de Re militari* di Roberto Vulturius che si pubblicò a Verona l'anno 1472; le *Favole d' Esopo*, stampate a Napoli nel 1485, formato grande in-4.° con ottantasette incisioni; ma sono altrettanto maldisegnate che grossolanamente incise. A Ferrara nel 1497 Lorenzo Rosso o Dei Rossi pubblicò molti libri illustrati, fra i quali notasi quello intitolato: *Vita et epistolæ de sancto Jeronimo;* e il trattato di Boccaccio: *De claris mulieribus*.

Fino allora per altro l'incisione in legno restò quasi sempre intieramente lineare.

Venezia era destinata a dare una grande spinta a quest' arte nell'opera l'*Hypnerotomachia*, pubblicata da Aldo Manuzio nel 1499 ed illustrata da composizioni di Benedetto Mantegna di squisito stile.

A Parma un'edizione in foglio delle *Metamorfosi d'Ovidio* di Francesco Mazzola, detto il Parmigiano, nel 1505, contiene incisioni in legno rimarchevoli. L'*Aureum Opus* di Giovanni Luigi Vivaldi, stampato a Saluzzo nel 1503, e l' *Opus regale* stampato pure a Saluzzo nel 1507, offrono delle grandi tavole di una bellissima esecuzione; particolarmente la grande composizione di san Gerolamo in penitenza in testa dell'*Aureum Opus*, grande in-4.° Gli ornati che circondano questa stampa, e che ne fanno parte, sono

talmente conformi, per lo stile, ai begli arabeschi di Zuan Andrea, che devonsi credere disegnati da lui come il san Gerolamo, dove ogni tratto sembra essere stato fedelmente eseguito dall' incisore.

Prima ancora dell'introduzione della stampa a Venezia, esistevano degli stabilimenti d' incisione sul legno dove si eseguivano immagini e carte da gioco. Il gusto per le belle arti, così generalmente divulgato in quella città, e la facilità che avevano gli stampatori di ogni paese di trovarvi dei disegnatori per decorare i libri destinati ad essere arricchiti d' incisioni in legno, ci spiegano il grande numero di lavori in questo genere che si vedono colà eseguiti. Nel 1514 Zuan di Brescia, dipintore, domanda protezione al Senato di Venezia contro ai contraffattori di un suo disegno eseguito per una storia di Traiano e che egli aveva fatto incidere in legno. Nel 1574 Nicolò Bevilacqua pubblica le figure del Vecchio Testamento, rimarchevoli per il disegno e la buona esecuzione. Nel 1599 Alessandro De Vecchi aggiunge alla scelta di cento novelle per Francesco Sanseverino, in-4.°, delle composizioni di buono stile. Nel 1591 Gerolamo Porro incide le tavole dei funerali degli antichi di T. Porcacci. Ma dove l' incisione in legno presenta i progressi più rimarchevoli, è in un'operetta pubblicata pure a Venezia da Pietro Valgrisi. L'esecuzione di 54 pagine, ornate di 50 incisioni in legno, è finissima e l'impressione perfetta.

Ci narra il Vasari che il celebre Marc'Antonio Raimondi, ammiratore di Alberto Durer, del quale riprodusse in rame varie incisioni, amò dedicarsi all' intaglio in legno; e così parimenti il Beccafumi, Mecherino da Siena, Carmagnola Domenico delle Creche, la principessa Maria de' Medici: valenti so-

pratutti mostraronsi Garfagnino e Cesare Vecellio, nipote del grande Tiziano, il quale ci tramandò quella pregiata raccolta di costumi, che è pei colti artisti odierni preziosissimo elemento di studio.

Ugo da Carpi nel 1516 espone al Senato di Venezia la scoperta di un suo nuovo processo di *incisione sul legno,* per poter ottenere le impressioni *a chiaroscuro:* questo genere d'incisione, eseguita su varie tavole, ognuna delle quali deve portare all' impressione una tinta differente la cui gradazione si moltiplica all'infinito per la combinazione di colori sovrapposti con arte, ha per oggetto di imitare i dipinti od i disegni a colori usati dagli antichi maestri. Da quel momento, venendo in Italia l'incisione in legno quasi esclusivamente applicata a questo nuovo ritrovato, molti furono gli artisti che vi si dedicarono con grande successo. Noteremo specialmente, oltre all' inventore Ugo da Carpi, Andrea Andreani, mantovano (fra le molte opere del quale rimarcansi il Trionfo di Cesare, disegnato da Andrea Mantegna, una grande tavola che si conserva nella R. Galleria di Firenze di un metro e 60 di larghezza sopra un metro e 30 di altezza; un Sacrifizio d'Abramo e un Mosè che abbrucia le tavole della legge, tolti dai disegni del Beccafumi eseguiti per il pavimento del duomo di Siena); Antonio Fantuzzi di Bologna che eseguì un gran numero di chiaroscuri sopra disegni del Parmigiano; i fratelli Coriolano; Nicolò Boldrini di Vicenza che incise molte tavole, la maggior parte sopra disegni del Tiziano; e Domenico delle Creche, degno di menzione speciale per la grande composizione, in dodici tavole dal Tiziano, della sommersione dell'esercito di Faraone.

Mentre l' Italia con progressi ognor crescenti si

distingueva anche in questo ramo delle arti belle, mostrandosi in tutto maestra, la Germania, la Francia, l'Olanda, la Svizzera accennavano a voler seguire le sue orme; e ad onor del vero la Germania non le cedeva, ne divideva anzi il primato. I grandi artisti, come Alberto Durer, Goltzius, Luca di Leida, Luca Cranach, Herhard, Schön, Jost Amman, Hans Holbein, sedotti e rapiti ad ammirazione per questo nuovo processo d'incidere che permetteva la riproduzione delle loro opere più prontamente che nol potesse l'intaglio in rame e più fedelmente, davano in luce un'infinità di incisioni di straordinaria bellezza. Molti di questi maestri, come Burgmair, Schauffelein, Stimmer, non sono per altro conosciuti che per le innumerevoli incisioni che hanno disegnato essi stessi o che hanno fatto eseguire sotto la loro vigilanza dagli artisti intagliatori in legno.

È con questo processo che più tardi un gran numero di composizioni di Raffaello, del Parmigiano del Tiziano ed altri maestri sono state riprodotte. Infine Rubens, il grande colorista, cercando di ottenere col mezzo dell'incisione in legno degli effetti di colore che non poteva ottenere coll'incisione in rame, ci ha lasciato alcune tavole rimarchevoli, eseguite sul legno sotto la sua sorveglianza da Cristoforo Jegher.

Prima di Alberto Durer l'incisione in legno non ci offre in Germania che dei tentativi più o meno imperfetti. È a questo grande artista, il quale con tutti i mezzi si studiò di portar l'arte dell'incisione alla sua perfezione e di estenderne il dominio, che l'incisione in legno deve la sua trasformazione ed il suo sviluppo Con lui cessò di essere lineare, come la si vede nelle incisioni di Wohlgemüth, e si fa

arditamente la rivale della incisione in rame, compensando tutto ciò che le manca di finezza con tanto più d'energia e d'effetto.

Incoraggiata dall'imperatore Massimiliano, il grande mecenate d'allora, il quale portava a quest'arte un immenso interesse e ammirava le bellissime produzioni del Durer di cui aveva una profonda venerazione, si fondò ad Augusta, per ordine di questo sovrano, una scuola di zilografia sotto la direzione di Peutinger. La quantità di lavori zilografici, che l'imperatore fece eseguire dai suoi artisti, è considerevole. Citeremo fra i principali la Marcia trionfale dell'imperatore, disegnata da Alberto Durer e da Hans Burgmair ed eseguita su tavole di pero, che si conserva ancora alla Biblioteca imperiale di Vienna; essa ha non meno di 54 metri di sviluppo, si compone di 135 grandi tavole di 35 centimetri di altezza sopra 42 di larghezza, dove l'imperatore fece rappresentare lo stato della sua casa, le possessioni del suo vasto impero, le sue conquiste, le sue vittorie, ecc.; il tutto in una lunga marcia trionfale o processione di guerrieri e personaggi di ogni grado, a piedi, a cavallo o condotti sui carri. Nulla di più magnifico di questo ingresso, nulla di più interessante per la storia dei costumi, delle armi, degl'istrumenti o degli usi diversi di quei tempi. Questo immenso lavoro, il cui disegno è di uno stile altrettanto grandioso che esatto e sapiente, fu eseguito nel periodo degli anni 1516, 1517, 1518, 1519. Diciassette incisori di una grande abilità concorsero all'esecuzione di un tanto capolavoro. Impaziente l'imperatore di vedere tosto a termine le sue commissioni, scriveva sovente sollecitando gli artisti, e di-

cesi che il suo diletto in vedere tagliare il legno era tale che spesso onoravali di sua presenza.

Se l'Italia e la Germania procedevano di pari passo circa l'applicazione dell'incisione sul legno, riproducendo soggetti isolati o quadri di grandi maestri, non essendo in Francia questo processo tenuto che come utile ausiliario alla tipografia, fu colà esclusivamente consacrato all'ornamento dei libri.

Parigi, che per la sua Università e per la Sorbona era il centro dei lumi del medio evo, occupava un gran numero di scrivani e di calligrafi, ed i suoi miniaturisti esercitavano con grande successo, molto tempo prima dell'invenzione della stampa, quell'arte *che alluminare è chiamata in Parisi* (1); arte celebrata da Dante l'anno 1312, epoca in cui il grande poeta era reduce dal suo viaggio di Parigi.

L'incisione in legno imitò alla meglio questa arte dei miniaturisti, e fu lo stesso gusto d'ornamentazione che presiedè sempre alla decorazione dei libri stampati.

Nell'istesso modo che la stampa si sostituì al lavoro degli scrivani, gl'incisori in legno surrogarono presto i miniaturisti, numerosissimi a Parigi.

La scuola olandese e fiamminga si distingue per le stesse qualità della tedesca; ad Alberto Durer, che riunì al merito dell'incisione in rame quello dell'incisione in legno, l'Olanda oppone con orgoglio Luca di Leida, il quale riunisce le due stesse qualità; e, malgrado il minor numero, gli artisti olandesi e fiamminghi in questo genere furono altrettanto valenti che i tedeschi.

(1) Dante, *Purgatorio*, XI.

La Svizzera fornì pochi incisori in legno, ma di quei pochi essa può a giusto titolo andar superba; il solo nome di Hans Holbein basterebbe all'uopo. Questo celebre artista nacque a Basilea verso il 1498, e morì a Londra nel 1545, dove passò la maggior parte dei suoi giorni, favorito dalla Corte di Enrico VIII. Si contano fra i principali suoi lavori zilografici l'*Alfabeto della morte*, il *Simulacro della morte* e le *Figure della Bibbia;* tutti stupendi capolavori che fanno epoca nella storia dell'incisione in legno e che rivaleggiano con vantaggio colle migliori riproduzioni di quei tempi. Dopo lui sono da nominare ancora Jobst Amman, Cristoforo Maurer e Alberto Altdorfer.

Or vedi cosa singolarissima! Quest'arte così in fiore scompare quasi affatto verso il secolo XVII. L'abuso che si fece dell'incisione in legno nel sorgere delle querele religiose, dove servì per le caricature più grossolane che i diversi partiti divulgarono a profusione per appassionare gli spiriti, la screditò tanto in Germania quanto in Italia, e dappertutto; da quel punto l'incisione in rame fu preferita. Fu soltanto ai nostri giorni che l'incisione in legno rinacque nell'Inghilterra, ma sotto una forma del tutto nuova, con progressi della più alta importanza.

Nel primo periodo, la zilografia era una riproduzione integrale del disegno proprio dei maestri; questi lo tracciavano sul legno figurandovi ognuno dei tratti, che il tagliatore d'immagini, artista spesse volte di vero talento, doveva limitarsi a seguire esattamente. Questa riproduzione, unico scopo dell'incisore, era dunque un vero fac-simile del disegno del maestro.

Era sul legno di pero, la cui fibra è meno serrata di quella del bosso, e sul legno tagliato *di filo,* vale a dire nel senso longitudinale, che l'incisione veniva eseguita; adesso è sul legno di bosso, e tagliato *di testa*, cioè a rotelle sul traverso dell'albero, che si opera, e che ha per conseguenza una durezza ed una forza di coesione ben maggiore. Sul pero di filo l'incisione operavasi col mezzo di punte taglienti a forma di lancette, e con altri piccoli ferri a guisa di temperino di cui l'incisore servivasi per contornare i due lati del tratto, conservandogli la grossezza delineata sul legno; poscia faceva saltare con un ferro proprio a questo effetto la parte accerchiata, affinchè, sciolto il tratto, rimanesse in rilievo, salvo a scavare più profondamente colla sgorbia le parti concave.

Oggi invece l' incisione servesi di quegli stessi bulini impiegati per incidere in rame, colla sola differenza che si opera al rovescio; giacchè bisogna lasciare in rilievo le parti che nell'intaglio in rame devono essere incavate.

Questa incisione sul bosso di testa permette dunque di ottenere maggior precisione; attesochè la sostanza di questo legno è più omogenea, e non presenta al ferro dell' incisore impedimento di sorta e concede maggior prontezza di esecuzione.

È invero sorprendente il pensare quanto tempo, quanta pazienza dovettero esigere i numerosi libri illustrati d' incisioni sul legno, eseguite nel decimosesto secolo in Italia, a Norimberga, a Francoforte, a Basilea e altrove, che contengono non meno di due o trecento vignette. Però, sebbene abbisognasse al tagliatore d'immagini o di storia un vero talento di

esecuzione e il sentimento dell'arte per non istorpiare il tratto del maestro, non era egli, come oggidì, obbligato ad accoppiare all'abilità materiale del taglio del legno una parte importante del lavoro che gli viene affidato dalla maggior parte dei disegnatori, i quali si limitano ad indicare sul legno, sia all'acquarello sia collo sfumino, l'insieme della composizione.

Spetta dunque all'incisore di disporre e combinare i suoi tratti in modo da rendere l'effetto voluto dal disegnatore; spetta a lui creare un meccanismo, che sia adatto all'oggetto che ha da rappresentare. Questa disposizione e combinazione di tagli è una delle parti più difficili dell'arte. Inoltre, siccome i perfezionamenti che risultano da questo cambiamento di processo, ed i miglioramenti nei mezzi d'impressione e nella fabbricazione della carta hanno permesso all'incisione sul legno d'avvicinare gli effetti che prima parvero proprii soltanto dell'intaglio in rame e dell'acqua forte, così è della massima importanza che gli odierni incisori sul legno siano profondi nell'arte del disegno, affine di non frantendere i pensieri dell'artista che devono interpretare.

Fu nel 1771 che l'Inghilterra riconobbe tutta l'utilità dell'incisione sul legno, e credè suo dovere l'incoraggiare quest'arte, alla quale parve che fino allora fosse rimasta affatto estranea.

Nel 1771 la Società delle Arti a Londra propose un premio per la migliore incisione eseguita sul legno. Il premio fu decretato a Tomaso Berwich nel 1775. Fu lui che il primo incise sul legno tagliato a rotelle sul traverso dell'albero, sostituendo in tutte

le sue incisioni il bosso al pero. Quest' artista, nato nel 1753 a Cherry-Burn nel Northumberland e morto nel 1828, rintegrò nel suo onore l' incisione in legno. Secondato dal celebre tipografo Bulmer, eseguì le tavole allora tanto rimarchevoli che adornano i poemi di *Goldsmith* e *Parrel*, pubblicati nel 1791, la *Storia degli uccelli inglesi*, nel 1809, la *Storia generale dei quadrupedi*, nel 1815, e le *Favole di Esopo* nel 1816.

Nel principio del nostro secolo l' incisione in legno prese a Londra un grande e felice sviluppo, del quale si va particolarmente debitori all' intelligente tipografo Carlo Wittingham, che seppe abilmente combinare l'arte dei frastagli e dei rialzi (*mise en train*), posti nel timpano, coi vantaggi che offriva la precisione del torchio Stanhope appena inventato. L'eguaglianza della superficie della carta meccanicamente fabbricata con processi nuovi, e ben levigata, contribuì molto al buon successo dell'impressione delle incisioni. Da quel momento si vide comparire un gran numero di libri illustrati di graziose vignette, abilmente incise sul legno da Nesbit, Branston, Wright, Thompson; l' abilità del bulino e la finezza del taglio rivaleggiarono qualche volta coll' intaglio in rame.

Altri tipografi seguirono l'esempio di Wittingham, e si videro tosto altre bellissime edizioni, illustrate di libri e di giornali (colà detti *magazzini*), uscire da differenti stabilimenti tipografici di Londra.

La Francia non restò indietro a questo movimento. Venuta ultima, essa ci diede negli ultimi anni i più stupendi e i più popolari lavori di questo genere. Tutti conoscono le incisioni del *Magasin*

pittoresque, vasto repertorio che dura da 41 anno, sicchè si può seguirvi i progressi dell'incisione, dalle immagini ancor grossolane del principio fino alle produzioni più delicate dei dipinti; le incisioni del *Tour du Monde; L'Histoire des peintres de toutes les écoles*, e le stupende edizioni dell'*Inferno* di Dante, dell'*Ebreo Errante* di Sue, dell'*Atala* di Chateaubriand, della *Bibbia*, delle *Favole* di Lafontaine, tutte disegnate da Gustavo Doré.

Quanto all'Italia, ch'era stata maestra nella prima maniera dell'incisione in legno, essa non fu egualmente fortunata nella seconda. Fu il pittore milanese Luigi Sacchi che la introdusse pel primo a Milano nel 1840, dando opera all'illustrazione dei *Promessi Sposi*. Avendo chiamato a tal uopo da Parigi gli incisori Cornut, Bernard, Loiseau, ne affidò i disegni a Francesco Gonin e a Pietro Riccardi, che con quel gusto che distingue quei due esimii artisti, seppero ottenere un risultato degno di loro e del classico romanzo italiano. Lo stesso Sacchi proseguì poscia nell'illustrazione della *Gerusalemme liberata*, disegnata in gran parte da lui stesso. Da quell'epoca anche l'Italia contò numerose opere e giornali illustrati da incisioni in legno. Ma poche di queste incisioni sono originali; esse sono miste ai *cliché* o stereotipie di incisioni, che si fanno venire dall'estero con minore spesa. Alcune buone scuole sono però aperte in varie città: a Bologna, sotto la direzione del professor Ratti; a Torino, del bravo Salvioni, a cui dobbiamo questi cenni sì accurati ed interessanti; a Milano, del Zambelli; a Napoli, dell'illustre Tommaso Aloysio Juvara, maestro nella incisione sul legno come in quella sul rame e che ha dato valentissimi scolari in entrambe.

III.

ALTRE INCISIONI.

In pietra. — Gliptica e gliptoteche. — In cristallo. — Le corniole e i camei. — Lo spato fluore. — I biglietti di banca e i francobolli. — A mezza tinta. — La musica.

L'incisione in pietra ed in cristallo, sì in incavo che in rilievo, era conosciuta dagli antichi, e fu il solo genere in cui si esercitassero. Quest'arte fu al solito trasmessa dagli Egizii a'Fenici ed agli Ebrei, come pure a qualche altro popolo orientale, dai quali passò a'Greci ed agli abitanti d'Italia: le più belle incisioni in pietra ci vengono dai Greci, e ciò che essi fecero in questo genere può dirsi decisamente perfetto. Fra i loro incisori, Teodoro di Samo e Pirgotele, che solo avevano ottenuto il permesso di incidere il ritratto di Alessandro il Grande, furono i più celebri. Quest'arte dell'incidere le pietre preziose si chiamava *gliptica* (dal greco *glypho,* incidere). La cornalina, la calcedonia, il diaspro, l'agata, l'onice, il lapis-lazzuli, la malachite, la steatite, il turchese, lo zaffiro sono le pietre sulle quali si incide più ordinariamente. Gli antichi non ci hanno lasciato la descrizione dei mezzi che adoperavano: è noto soltanto ch'essi adoperavano il *ferrum retusum* ed una specie di sega (*terebra*); impiegavano pure la polvere di diamante, il *naxium* (specie di arenaria polverizzata), lo schisto d'Armenia e lo smeriglio. I Romani conobbero anch'essi l'arte d'in-

cidere le pietre ed i cristalli. Quest'arte, involta nelle rovine del loro impero, ricomparve in Italia nel decimoquinto secolo sotto Lorenzo de'Medici, ed oggi ancora è in Italia che si trovano le migliori incisioni in pietre preziose (1).

Giovanni, nato a Firenze, e conosciuto col soprannome *Delle Corniole,* perche si distingueva nell'incidere su queste pietre, fu dei primi a dedicarsi a quest'arte. *Domenico de' Camei,* milanese, fu suo emulo, ed incise sopra una specie di rubino il ritratto del duca Ludovico, soprannominato il Moro. Si videro poscia comparire i capolavori di Maria da Pescia, Michelino Giovanni da Castel Bolognese, Valerio Vicino, Matteo dal Nasaro. In Francia salì in fama un certo Guay, che lasciò delle incisioni in pietre semipreziose, degne di stare al confronto colle più belle in questo genere. Rivas, nel 1578, trovò per l'incisione in pietre un nuovo metodo che abbrevia di molto il lavoro e permette di portarlo a maggior perfezione. Si noti qui di passaggio che il nome di *cameo,* che si dà a questo genere di lavori, viene dal milanese Domenico Camei sopra citato.

L'acido fluoridrico, che si ottiene dalla pietra detta *spato fluore* (fluato di calce), è il solo che intacchi il vetro, e serve perciò ad inciderlo: a tale oggetto si copre il vetro di una vernice che non sia attacca-

(1) *Gliptoteche* e *Dattilioteche* si chiamano le collezioni di pietre ed anelli incisi. Già gli antichi amavano tali raccolte; fra i moderni, il Petrarca e Lorenzo de'Medici furono i primi a darne l'esempio. Ora è nella Galleria antica del Louvre di Parigi e nella Gliptoteca di Monaco che si ammirano le più ricche collezioni di pietre incise, mosaici, bassorilievi, ecc.

bile dall'acido, vi si incidono con un bulino le tracce del disegno che si vuole avere, quindi vi si versa sopra l'acido, dopo aver fornito il vetro di un orlo affinchè l'acido in discorso non vada perduto. Dopo un tratto di tempo più o meno lungo, a seconda della profondità che si vuol ottenere nell'incisione, si toglie l'acido, si leva la vernice, e si ha sul vetro l'incisione voluta.

L'incisione in rilievo non si eseguisce solamente sul legno; la si adopera anche per metalli, specialmente il rame e qualche volta l'acciaio. Così lavorano gli incisori di sigilli e di medaglie, e si ottengono quelle specie di stampiglie destinate a stampare a mano il nome e i distintivi di una fabbrica, di una casa di commercio, ecc. Questi non son certo oggetti d'arte, ma tra i prodotti dell'arte più squisita vanno annoverate le incisioni eseguite in rilievo nell'acciaio, per ottenere quei disegni e quelle cifre complicate proprie alle carte di valore, quali sono i biglietti di Banca, i francobolli e i bolli degli effetti cambiarii, le azioni e le obbligazioni di Società industriali e simili. L'esecuzione di siffatti tipi in acciaio è affidata agli artisti più abili e più sperimentati, perchè occorre ottenere immagini, segni o cifre della massima possibile finitezza, onde renderne difficilissima l'imitazione.

Per l'*incisione a mezza tinta* si prende un rame intieramente granellato col mezzo d'uno strumento dentato; indi vi si calca il disegno ed i chiaroscuri; poi questi chiaroscuri si danno col mezzo d'un altro strumento che facilita siffatto genere d'incisione. L'invenzione ne è attribuita ad un certo Rupert.

Per l'incisione della musica, le piastre sono di

un composto di piombo, stagno ed antimonio, e talora di zinco e rame, grosse 3 millimetri. Si comincia dal raschiare la lastra; poi la si riga col *segnatoio* (coltello da 5 punte); quindi si battono col *punzone*, per mezzo di un martelletto, le note, le chiavi, gli accidenti musicali, le parole ed i numeri, e si incidono col *bulino* le crome, le gambe, le legature, i tagli, le stanghe per la divisione della battute; indi si raschia ancora la superficie e si brunisce. Così la lastra è all'ordine per essere consegnata al torchio.

LA LITOGRAFIA

I.

Processo della litografia. — Sue cause. — La pietra di Monaco. — Zincografia. — Storia dell' invenzione. — Luigi Senefelder. — Senefelder e la sua lavandaia. — Avversità e perseveranza. — Progressi della litografia.

Dopo aver parlato dell'incisione in legno ed in acciaio, bisogna venire ad un' incisione più economica e più moderna, quella sulla pietra. Quest'arte dicesi *litografia* dalle due voci greche *lithos* pietra e *grapho* scrivo; ed ha lo scopo di sostituire una semplice pietra calcarea al legno ed ai metalli che servono ad eseguire le incisioni, riducendo a basso prezzo la riproduzione dei disegni. Quest' invenzione è del nostro secolo. Vero è che già erasi tentato di incidere in rilievo sul marmo o su una pietra calcarea, mediante un acido, ed è pur noto il processo popolare per incidere dei caratteri sopra i gusci d'uovo che son della stessa natura che la pietra calcarea (1); ma il principio della litografia si fonda sopra un'azione del tutto differente. E non si tratta già di incidere in rilievo

(1) Questo processo consiste nel tracciare disegni o caratteri col sego sopra il guscio d'uovo e immergerlo nell'aceto; l' acido incava le parti del guscio non tocche dal sego, e i caratteri o disegni restano così in rilievo.

sulla pietra, sì bene di modificare chimicamente la superficie della pietra per modo che certe parti possano ricevere l'inchiostro di stampa ed altre abbiano a respingerlo. È codesto un fenomeno curiosissimo di fisica molecolare, di cui importa conoscere bene l'indole, per non cadere negli errori che si commettono da molti spiegando la natura della litografia.

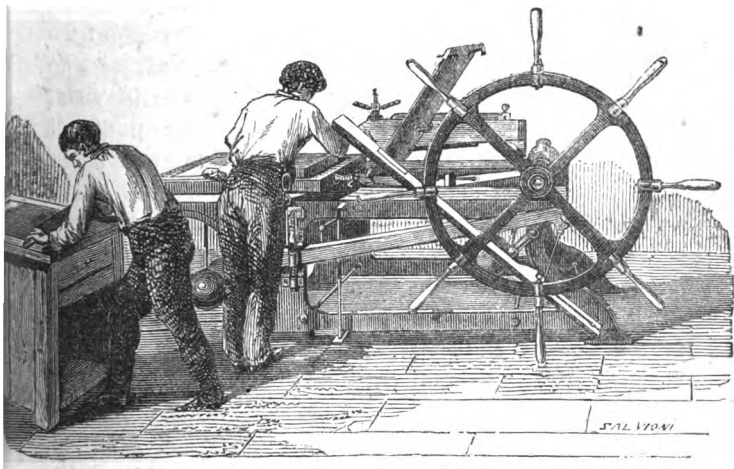



Fig. 18. Torchio litografico.

Ecco un' esperienza che dovete aver fatta molte volte: avrete cioè proiettato il vostro fiato sopra un vetro, e visto allora tutta la superficie coprirsi di vapore; ma se prima di dirigere il fiato avrete col dito tracciato un solco sul vetro, la parte toccata col dito non ne verrà punto appannata. Ebbene, l'operazione litografica ci presenta un fenomeno della stessa natura.

La pietra calcarea che si adopera per la litografia

dev' essere di grana assai fina, di superficie perfettamente piana, senza difetti e ben liscia; per i lavori a penna; e pei lavori a matita deve essere granita, di una sola eguaglianza, con smeriglio, di modo che la matita non isfugga.

Per l' incisione poi deve essere la pietra ben liscia, non granita; si bagna la superficie della pietra con una soluzione d'acido ossalico, e quindi con gomma arabica sciolta nell'acqua, si tinge con nero fumo: così la pietra è ricoperta da una vernice che permette di vedere, senza troppo affaticare la vista, il lavoro che si eseguisce. Si incide con punta di diamante o d'acciaio; terminata l' incisione, si passa sulla pietra una spugna imbevuta d'olio; così l'unto prende dove la pietra è stata incisa. Per la tiratura si usa lo stesso processo che per i lavori a penna od a matita, salvo che invece di adoperare il rullo per l'inchiostro, bisogna adoperare un tampone, onde far entrare la tinta nell'incisione.

Il genere speciale di calcarea (carbonato di calce) che si adopera per la litografia ha il nome proprio di *pietra litografica*, e dicesi anche *pietra di Monaco*, perchè si trae in gran parte dalla contea di Pappenheim in Baviera. Anche a Châteauroux, in Francia, esiste una cava di pietre litografiche eccellenti per la riproduzione della scrittura. In Italia non mancano le cave, ma, come avvien sempre da noi, mancano i danari e il coraggio per lavorarle e trarne profitto; così che in sul Bresciano, nella riviera ligure e in Toscana si cavano pietre per i lavori più ordinarii, ma se si mettesse mano agli strati inferiori, non è dubbio che si troverebbero pietre perfettissime.

Per servirsene a riprodurre un disegno, bisogna

innanzi tutto forbirle con gran cura. L'artista eseguisce poi sulla pietra il disegno che vuol essere riprodotto con una matita grossa, composta per solito di sapone e nero fumo, che si taglia come una matita qualunque. Qualche volta si eseguisce il disegno a penna sulla carta, e poi, con un processo particolare, lo si trasporta sulla pietra: ma la riuscita non è ugualmente perfetta.

Quando il disegno è sulla pietra, vi si passa sopra dell'acqua forte (acido nitrico) diluita, ossia sciolta nell'acqua. Quest'acido intacca la pietra solamente nei punti che non furono tocchi dalla matita. Dopo quest'operazione si lava la pietra con acqua semplice; indi la si torna ancora a lavare con essenza di terebinto, per togliere ogni traccia di disegno e di corpo grasso. Passando l'inchiostro sulla pietra così trattata, che non presenta nessun tratto alla superficie, si ottiene sulla carta, per mezzo del torchio, una prova del disegno.

Non è egli ben curioso che questa pietra, che non presenta più nessun rilievo, nessun disegno visibile, dia la stampa, passandovi sopra il rullo dell'inchiostro e imprimendovi la carta? Come spiegarsi questo fenomeno? Le parti che l'acido ha intaccate non prendono l'inchiostro; lo prendono quelle invece che l'acido lascia intatte. Non bisogna credere che quell'indistinto rilievo che può presentare il disegno si impregni d'inchiostro; qui si tratta, come abbiam detto, di un fenomeno speciale di fisica molecolare. L'azione corrosiva dell'acido nitrico operò una modificazione fisica sulla pietra: le parti intaccate dall'acido respingono l'inchiostro, quando però la pietra sia umida, mentre le parti che respinsero l'acido, e

son quelle tocche dalla matita, ricevono l'inchiostro, e perciò si riproducono sulla carta.

È lo stesso fenomeno ricordato più sopra del fiato sul vetro. Se passate il dito sopra un vetro, avrete

Fig. 19. Statua di Luigi Senefelder.

un bel respirare, ma le parti tocche dal dito non riceveramno il vapore acqueo, mentre le altre parti ne resteranno coperte. Un fenomeno dello stesso genere dovremo accennarvi parlandovi del dagherrotipo;

le parti della piastra d'argento, che la luce non ha toccate, non possono impregnarsi di vapore di mercurio, e questo vapore si fissa unicamente nelle parti

Fig. 20. Senefelder e la sua lavandaia.

della piastra rivestita di ioduro d'argento cui la luce ha toccate e con ciò solo modificate chimicamente.

La tiratura delle litografie si opera con un torchio differente da quello da stampa o da incisione. Nella

figura 18 si vede l'operaio litografo intento a tirare le prove. È indispensabile, dopo ogni copia che si tira, bagnare di nuovo la superficie della pietra; che se la pietra non si tenesse costantemente umida, l'inchiostro si spanderebbe da per tutto e non si otterrebbe più alcun risultato.

Le pietre litografiche essendo d'un certo valore, specialmente se grandi, sono talvolta surrogate da lastre di zinco. La sostituzione delle lastre di zinco alle piastre litografiche, che si dice *zincografia*, era stata già effettuata da Luigi Senefelder, l'inventore della litografia, del quale ci accingiamo ora a discorrervi.

Nacque egli a Praga nel 1772. I suoi genitori, commedianti di professione, lo costrinsero a studiar legge, ma il giovane Luigi si sentiva attratto verso la carriera letteraria; compose parecchie produzioni drammatiche, che però non incontrarono il favore del pubblico: per farle meglio apprezzare risolse di stamparle. Benchè poverissimo e senza protettori, riuscì tuttavia a farne stampare una; ma quanto alle altre, non avendone i mezzi, si scervellava per trovare qualche nuovo metodo da riprodurre più economicamente la scrittura. Sono indescrivibili tutti i perseveranti lavori per cui quel giovane, privo di soccorsi e perfino di incoraggiamenti, dovè passare prima di scoprire quel semplice e ammirabile mezzo di riproduzione, che tanto giovò a rendere popolari le opere dell'arte moderna.

Fra i varii mezzi tentati, quello che gli riusciva meglio era una specie d'imitazione dell'incisione all'acquaforte.

E' scriveva con una vernice sopra una piastra

di rame, e dava poi il rilievo ai caratteri intaccando la piastra di rame con l'acquaforte. Per tal modo la piastra rimaneva corrosa in tutti i punti che non erano coperti dalla vernice; se non che bisognava scrivere a rovescio; e il povero giovane lavora, lavora sempre, e riesce ad imitare a mano i caratteri di stamperia. Ma superata una difficoltà, ne nascon cent'altre; le piastre di rame costano troppo, è difficile pulirle a dovere, si guastano facilmente, e poi è quasi impossibile farvi correzioni e ritocchi.

Scoraggiato da tante difficoltà, il povero Senefelder stava per rinunziare all'impresa, quand'ecco un'idea nuova gli viene alla mente. Nei dintorni di Monaco esiste una cava abbondante di pietre calcaree colle quali si eseguiscono i pavimenti nelle stanze; queste pietre, di grana finissima, si puliscono con la massima facilità. Senefelder concepì allora l'idea di sostituire queste pietre alle piastre di rame di cui faceva uso. Ma e poi? non c'era verso per approfittare di tale sostituzione.

Il caso che aiutò Galileo, che aiutò Newton, che aiuta tutti gl'inventori, purchè siano osservatori, aiutò pure Senefelder. Un giorno, mentre egli era intento a' suoi vani tentativi, entra nella sua povera stanza la lavandàia a prendere la biancheria. Ei cerca un foglio di carta per stendervi la sua noterella, ma ha un bel cercare, tutta la sua provvista è esaurita, non trova il più piccolo pezzetto di carta; scrive dunque la sua nota sopra una di quelle pietre ben levigate di cui ha già fatto raccolta, la scrive intingendo la penna in quella mescolanza di cera, sapone e nero fumo che gli serviva

a ricoprire i caratteri disegnati sulle lastre di rame. All' indomani, nel trascrivere la nota sulla carta, Senefelder domanda a sè stesso che cosa risulterebbe intaccando quella pietra con lo stesso acido di cui servivasi a corrodere le piastre di rame; chi sa che non mi riesca di corrodere anche la pietra? il mio scritto comparirebbe allora in rilievo!

Detto e fatto: e la prova riesce non del tutto, ma abbastanza per servire di punto di partenza ad un'altra serie di ricerche lunghe e variate che condussero Senefelder all'invenzione della litografia.

Persuaso della somma utilità pratica della sua invenzione, Senefelder vorrebbe trarne partito. Ma dove troverà il denaro necessario all'impianto del più modesto stabilimento? Mancandogli ogni altra risorsa, ei si propone di entrare qual cambio nella milizia; i 200 fiorini che guadagnerà in questa guisa gli basteranno per l' impianto, cui si dedicherebbe appena compiuti gli anni di servizio. Ma anche questa meschina risorsa gli è contesa: nato a Praga, non può prestar servizio in Baviera! Il povero Senefelder è in preda alla disperazione; dopo aver lottato lunghi anni con la miseria, perseverando costantemente nei suoi propositi, inventa una nuova arte che potrebbe largamente compensarlo delle privazioni e degli stenti patiti e rendere immortale il suo nome, ma la miseria gli sbarra la via!

Dopo molte indecisioni, Senefelder si decide di confidare il segreto ad un amico, compositore di musica, dotato di qualche mezzo di fortuna; l'amico gli porge benevolo orecchio e lo incarica, in via di esperimento, della riproduzione d' un suo lavoro musicale; l'amico fornisce una piccola somma, che basta a Senefelder

per l'acquisto di pietre, carta e di un vecchio torchio da incisore in rame. Lavorando di continuo, ei riesce a produrre 120 esemplari in capo a quindici giorni, ricavando largo compenso delle spese sostenute. Questo primo lavoro litografico porta la data del 1796. Da allora la fortuna incominciò a sorridergli: ebbe i mezzi per perfezionare gradatamente la sua invenzione e potè goderne il ben meritato compenso. Infatti tutti gli istrumenti che ancor oggi si usano per quest'arte sono dovuti al giovane boemo. All' invenzione definitiva della litografia si può dare la data del 1799. Il re di Baviera diede al Senefelder il ben giusto privilegio di usarne esclusivamente per quindici anni: privilegio che gli fu pure accordato a Vienna, a Londra, a Parigi. Egli aprì dapprima a Offenbach, poi a Vienna e finalmente a Monaco, una stamperia litografica, la cui fortuna fu rapidissima, e che sparse prontamente nel commercio i capolavori dei maestri dell'arte. Dopo d'aver goduto dell'immensa estensione della sua scoperta, dell' ammirazione dei contemporanei, dei servigi prestati alle arti, l' eminente artista morì a Monaco nel 1834.

Oggi non v' ha città in Europa dove non esista qualche litografia. Da noi quest'arte si è da qualche tempo migliorata d'assai, benchè non sia per anco riuscita a quella perfezione che toccò altrove; e pochi sanno dare alle stampe quella nitidezza che in Inghilterra, in Germania, in Francia, le fa rassomigliare ad incisioni al bulino.

Se non che è nata una rivale alla litografia. Come questa detronizzò in gran parte l' incisione in rame, la fotografia, che riproduce al naturale le bellezze

dell'arte e quelle della natura, e di cui parleremo a suo luogo, minaccia detronizzare la litografia.

I progressi della fotografia permettono oggi di riprodurre le prove fotografiche sulla pietra e sul rame (*fotolitografia* e *fotoincisione*). Da queste riproduzioni si possono quindi ricavare, con grande economia e fedeltà, migliaia di copie come cogli ordinarii processi della litografia e dell'incisione in rame.

Ritorneremo su quest'interessantissimo argomento nel trattare della fotografia. Intanto non possiamo chiudere questo capitolo senza accennare alla *cromolitografia,* vale a dire alla litografia in colori. Il processo è il medesimo: soltanto è necessario d'impiegare tante pietre e far tante tirature quanti sono i colori che entrano nel disegno. Lo stesso Senefelder avea tentato quest' applicazione della sua invenzione, ma essa non ottenne il suo pieno successo che nelle mani di Engelmann, che nel 1837 fondò a Parigi la prima cromolitografia.

LA CARTA

I papiri. — Carta di cotone. — La carta di lino, invenzione italiana. — Pace da Fabriano. — Luigi Robert inventa la macchina per la carta. — Come si fabbrica. — Carta alla forma. — Carta alla macchina o senza fine. — Una lettera del Giusti. — Un po' di statistica nostrana. — Il cartone. — Carta straccia, carta sugante, carta velina, carta pesta, carta di seta, carta della Cina. — La Pergamena. — Carton pietra, carta d'amianto.

Vi abbiamo parlato della stampa, della litografia, dell'incisione, insomma di tutti i modi di riproduzione delle opere della penna e del pennello. È tempo che vi diciamo qualche cosa della materia su cui queste riproduzioni si eseguiscono e si spandono a migliaia di esemplari: della carta.

L'arte di preparare le fibre vegetali in modo da ricevere la scrittura è d'origine antichissima. Gli Egiziani ne facevano uso da tempo immemorabile; ed essi trasmisero ai Romani le preparazioni che permettevano di trasformare le fibre vegetali in superfici pulite, bianche, pieghevoli e durature.

Il *papiro* è una pianta che cresceva un tempo in grande abbondanza nelle paludi dell'Egitto. Di questa pianta, preparata secondo un certo metodo, gli Egizii ed altri popoli si servirono per iscrivere.

La qualità più fina avea nome *papiro ieratico*, perchè se ne servivano i sacerdoti a scrivere i libri

religiosi; e, per paura di vederlo dedicato a scritture profane, le leggi egiziane proibivano il venderlo agli stranieri.

Alcuni Romani, non potendo procacciarsi questo papiro, pensarono di comperare gli stessi libri religiosi; indi li lavarono, per iscrivervi alla loro volta quel

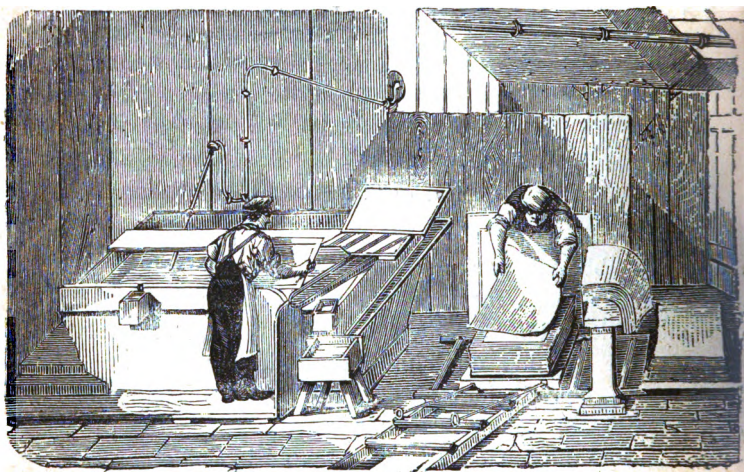



Fig. 21. Fabbricazione di un foglio di carta alla forma.

che loro piaceva. Questo papiro lavato, stimatissimo a Roma, si chiamava *papiro augusto*.

Fin dai tempi più remoti, l'Oriente conosceva l'industria della carta. I Cinesi la fabbricavan di seta, i Giapponesi di cotone, di canape, di corteccia di gelso, di paglia di riso.

L'Occidente conobbe l'invenzione della carta soltanto nel secolo XI, per merito degli Arabi che stabilirono in Ispagna le prime fabbriche di carta di co-

tone. Dalla Spagna quest' utile trovato si sparse in tutta l'Europa; naturalmente però, quella carta era molto imperfetta, non conoscendosi ancora quella serie di procedimenti che la rendono atta a ricevere la scrittura: la carta fabbricavasi con cotone crudo, aveva poca consistenza, e si lacerava al menomo sforzo.

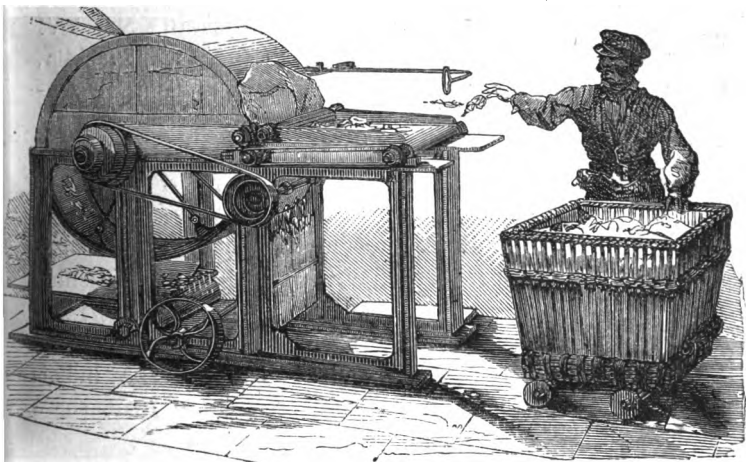



Fig. 22. Lacerazione degli stracci.

Ma il trovato della carta di lino e di stracci di tela è gloria tutta italiana, benchè i Tedeschi ce la contestino. Documenti autentici provano che primo ad usarne fu un tal *Pace da Fabriano*, e ciò intorno al 1340. Qui diciam di passata che le più antiche cartiere d'Italia son di Fabriano, che anche in oggi godono buona fama. Gli stracci sminuzzati, bolliti nell'acqua e tenuti poi in una specie di fermen-

tazione, formavano una pasta propria ad essere convertita in carta.

Le prime carte fabbricate in Europa erano destinate alla scrittura; perciò aveano molto corpo e molta colla. Anche i primi libri stampati furono eseguiti su carta con colla; il che permetteva più facilmente di coprirle di disegni e d' ornamenti a mano per rendere quei libri rassomiglianti ai manoscritti e farli pagare, come tali, a prezzi altissimi. Nel XVI secolo si cominciò a stampare su carta senza colla, e così il prezzo della carta da stampa diminuì sensibilmente.

Nei due secoli successivi i perfezionamenti di questa importante industria furono scarsi e lentissimi. Tutte le operazioni si eseguivano a mano, e perciò richiedevano molto tempo e molti operaj. L'invenzione capitale della fabbricazione della carta a macchina si deve ad un operaio francese. Nel 1799 *Luigi Robert* immaginò una serie di apparati meccanici che permettono di fabbricare carta di lunghezza indefinita, la quale perciò è detta *carta senza fine,* sopra una larghezza determinata.

L' Inventore ottenne dal suo Governo una ricompensa di 8000 franchi, che non era certo sufficiente ad applicare e perfezionare l' invenzione. L' operaio dovette venderla ad un fabbricatore, che andò in Inghilterra a cercare soccorsi per tradurre in pratica questo importante trovato. La sua speranza non fu delusa. Nel 1803 il pensiero fecondo di Luigi Robert riceveva definitivamente la sua applicazione pratica in Inghilterra, donde si sparse in tutte le grandi cartiere d'Europa e d'America.

Da indi in poi la carta si fabbrica quasi esclusiva-

mente *alla macchina;* la fabbricazione a mano, o, come si dice, *alla forma,* è nei grandi stabilimenti riservata per pochi usi speciali, come ad esempio per carte di molto lusso.

FABBRICA DI CARTA ALLA FORMA.

I cenci arrivano alla *cartiera* sucidi e di tutte le sorta, mescolati insieme. Là bisogna anzitutto separarli; gettar via gli stracci di seta e di lana che sono improprii alla fabbricazione della carta, perchè la lana e la seta essendo d'origine animale non si disgregano tanto facilmente come la canapa, il lino ed il cotone, che sono d'origine vegetale. Si classificano i cenci in parecchie categorie: vecchi o nuovi, bianchi o colorati; ad ogni diversa categoria di cenci corrisponderà, a lavoro compiuto, una carta di diversa natura. Nel mentre si distinguono i cenci nelle suddette categorie, convien pure scucirli, separando quelli che non si rassomigliano, levarne gli orli ed ogni altro grossume, staccare i bottoni, ecc. Si deve anche badare alle dimensioni degli stracci: quelli che superano una determinata lunghezza vogliono essere ritagliati. Questi lavori preparatorii, che domandano molta cura, occupano molte braccia, e, richiedendo poca fatica, sono generalmente affidati alle donne. Compiuta la separazione, i cenci son fatti bollire in un bucato di soda che fa scomparire certi colori, scioglie le sostanze grasse aderenti ai cenci e li rende purgati; dopo di ciò si lavano nell'acqua pura.

Purificati per tal modo i cenci, è mestieri disgregarne i tessuti, disgiungere le fibre vegetali e mescolarle in modo di ricavarne una specie di pasta.

A tal fine si ammontano i cenci in una vasca detta *marcitoio*, nella quale son mantenuti costantemente umidi allo scopo di operarne la decomposizione.

Questa decomposizione si compie in un intervallo che varia dai dieci ai venti giorni, secondo la temperatura del luogo, lo stato degli stracci ed il genere di carta più o men bella che si vuole ottenere; in quel tratto di tempo il mucchio di cenci si è trasformato in poltiglia fetida. Adesso bisogna ridurla in una pasta atta a fornire la carta. A tal uopo si tolgono i cenci dal marcitoio e si collocano in pile di pietra piene d'acqua che si dicono *pile a cenci*. In ciascuna di queste pile penetrano tre o più mazzi ferrati posti di fronte e messi in movimento da un cilindro orizzontale, che li solleva e li fa ricadere alternativamente. Questa successione di cadute squassa fortemente i cenci, li riduce in pasta vie più assottigliata e li imbianca. Finita quest'operazione, si trasporta la pasta in altra pila detta *a sfiorato*, ov'essa pasta vie meglio si stempera, s'assottiglia e si incorpora, bene squassata da mazzi non ferrati.

Abbiamo trasformato i cenci in pasta, ci resta da fare il meglio: trasformare la pasta in carta. Si mette la pasta in un tino; e secondo la quantità dell'acqua ch'è nel tino, la pasta avrà quel grado di fluidità che deve rendere più o meno grosso il foglio di carta. Un operaio che si chiama *prenditore*, ha in mano la *forma*, ch'è un telaio di legno coperto di sottili fili d'ottone detti *vergelle*: queste, per maggiore fortezza, sono attraversate da altri fili più grossi; e sovr'essi, con più sottili fili d'ottone, sono intessuti il nome, le iniziali, ovvero l'emblema adottato dal fabbricatore. Guardate per trasparenza un

foglio di carta fabbricato in questo modo, e vedrete le tracce delle *vergelle* e l'impronta caratteristica della fabbrica. Sulla forma si incastra un altro telaio, il *cascio*, che serve a contenere e dar la forma voluta di lunghezza e larghezza al liquido pesto, la cui parte liquida cola dagli interstizii delle vergelle, mentre la parte soda è ritenuta sopra di esse, disposta in falda sottilissima: e questa è il *foglio*.

Ma noi abbiam lasciato il *prenditore* con la forma in mano, Egli deve tuffar nella pasta questa forma circondata dal *cascio*, tenervela un poco orizzontalmente, poi ritirarla nella stessa posizione. Occorre allora imprimere alla forma diverse scosse laterali per legare i filamenti della pasta e farne una distribuzione uguale; in questa operazione si richiede grande abilità. Un operaio esperto può preparare così circa cinquemila fogli al giorno.

Il *prenditore* toglie il *cascio* dalla forma, e quindi la spinge sopra una tavola che attraversa quella parte del tino che è fra esso e l'altro operaio, detto il *ponitore*; questi prende la forma, la fa un po'sgocciolare, poi la rovescia sopra un pezzo di feltro, che è un pannello di lana di grandezza un po' maggiore di quella dei fogli; premendo alquanto l'un dei lati della forma sul feltro, il fresco foglio di carta (chè la carta è fatta) si appiglia e rimane aderente al feltro, e così si stacca dalla forma; lo si ricopre tosto con altro pezzo di feltro, che riceverà ben presto un altro foglio, poichè il *ponitore* ha già rimandata la forma vuota al *prenditore* (vedi figura 21). Di quando in quando il *prenditore* agita con una spatola di legno la pasta contenuta nel tino, per impedire che faccia sedimento. Nello scambio successivo

tra i due operai di una forma piena e di una forma vuota, i fogli si accumulano tra i pezzi di feltro sovrapposti. Quando ve n'ha un numero sufficiente, si porta il tutto sotto un torchio per ispremere l'acqua. Indi si separano i fogli, si fanno seccare, si incollano, se la carta deve servire alla scrittura, con una soluzione di gelatina ottenuta dalla pelle di guanti; si rimettono sotto al torchio per far penetrare la colla dappertutto, si seccano di nuovo, e si distribuiscóno finalmente in *quinterni* e poi in *risme.*

FABBRICA DELLA CARTA ALLA MACCHINA O SENZA FINE.

Questo, come abbiam già detto, è il sistema più generalmente in uso. Quando avete il tempo, andate a visitare una cartiera, quella del nostro Molina, per esempio, o del Binda, e resterete meravigliati della potenza della meccanica! Questa meraviglia fu espressa egregiamente da un grande scrittore, Giuseppe Giusti, quando andò a vedere le cartiere del Cini a San Marcello nella montagna pistoiese. Noi non sappiamo trattenerci dal citare questo suo brano di lettera, e il lettore sarà lieto di avere un po'di prosa del Giusti in iscambio della nostra:

« Saprai che i Cini sono stati i primi a introdurre in Italia la macchina che fabbrica la carta continua a guisa d'una tela; ma non avendola veduta, uno non se ne può formare un' idea. Noi arrivammo stracchi e affamati, e a farla apposta in quel momento la macchina non andava; ma il ministro della cartiera che è un buon modanese ci usò la cortesia di farla allestire, sebbene noi, aggiunta alla stanchezza e all'appetito anco la noia dell'aspettare, volessimo

andar via a tutti i patti. Ed ecco, puliti i cilindri e ammannito il tutto, la macchina comincia a muoversi: vedere quello spettacolo, e cessare la stanchezza fu tutt'una. Immagina due grandi stanze unite da più archi a rottura, l'una di solaio più alta che l'altra: nella superiore, vedi cinque grandi pile di pietra, nelle quali i cilindri, triturano continuamente il cencio, e non ce ne vogliono di meno, perchè la macchina va con tanta rapidità, che una pila o due non basterebbero ad alimentarla. Triturato che è il cencio e ridotto ad una pasta liquida come un latte denso, passa per un canale nello stanzone più basso, ed è raccolto in due grandi tini, nei quali gira continuamente, col moto generale dell' edifizio, un ferro chiamato agitatore, acciò la pasta lasciata ferma non faccia sedimento. Sbocca dal tino e si spande sopra una gran lastra di ferro, larga appunto quanto deve essere il telo della carta, e da questa lastra passa sulla tela d'ottone che si ripiega continuamente in sè stessa, ed ha un moto ondulatorio come quello che fa il lavorante facendo la carta a mano col metodo antico. Dalla tela d'ottone è raccolta da un cilindro foderato di feltro, e quindi da altri due cilindri parimenti foderati di feltro, che la strizzano e ne fanno scolare ogni umidità; e da questi passa per altri quattro o sei, sotto i quali è il vapore per asciugarla; scaturisce da questi, e passa bell'e asciutta e croccante sopra due grandi cilindri a guisa d'aspo che la dipanano, e di lì in una gran tavola a guisa di vassoio, sulla quale via via si taglia e si trasporta nei magazzini. Tutta questa operazione è l'affare d'un minuto e mezzo o di due: vedi se era cosa da far dimenticar tutto. Quello che stamani alle sette era un cencio, oggi alle quattro è una lettera bell'e impostata. E bada che io te ne do ragguaglio così alla grossa, e come può darlo, dietro la prima impressione, uno che non sa un ette di meccanica; che se poi la vedrai, quello che te n'ho detto non ti salverà dalla maraviglia: t'avverto però che per averne maggior diletto tu vada prima a vedere come si fa la carta. » (1)

(1) GIUSTI, *Epistolario* (ediz. Le Monnier), vol. I, p. 226.

È una descrizione pittoresca, che vi presenta a meraviglia l'assieme della macchina; ma noi abbiamo il debito di particolareggiare un po' più e farvi seguire tutte le operazioni. Quelle preparatorie della

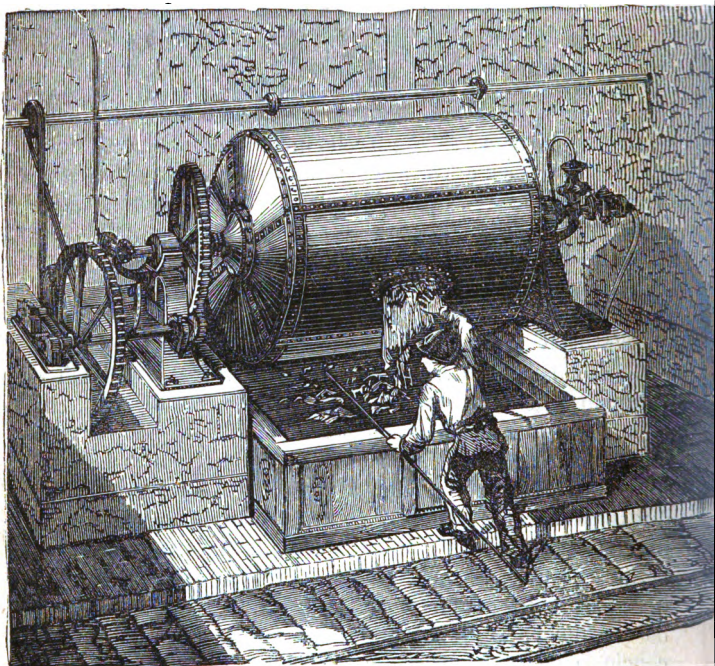



Fig. 23. Apparecchio per imbiancare la pasta della carta.

scelta dei cenci si compiono nel modo precedentemente indicato; dopo di esse comincia la differenza. Non ci son più marcitoi nè pile a cenci. Tutto va a macchina ed a vapore.

La *lacerazione* degli stracci (vedi figura 22) si ese-

guisce per mezzo di un largo cilindro metallico, collocato fra due piani inclinati formati di tavole. In faccia a questo cilindro è disposta una piastra metallica, che porta parecchie punte ugualmente di metallo. Tra la superficie di questa piastra e quella del cilindro si lacera lo straccio. Grazie al motore generale dell fabbrica, che può essere una cascata d'acqua od una macchina a vapore, i cenci ripassano continuamente tra le specie di denti che risultano dalla riunione delle varie parti di quest'apparato. Portati poscia in un tino pieno d'acqua, e di nuovo lacerati con un apparato dello stesso genere in mezzo all'acqua, finiscono col trasformarsi in una vera pasta.

Così preparata, la pasta riceve un grado ancor più avanzato di raffinamento in un'altro tino, che perciò si dice *a sfiorato*, e che differisce dall'apparato precedente solo in ciò, che il cilindro è provveduto di un maggior numero di punte e si move in seno al liquido con maggiore celerità.

Dopo quest'operazione, la pasta conserva ancora un colore che dipende da quello che avean gli stracci: bisogna imbiancarli. Perciò si toglie alla pasta con la compressione gran parte dell'acqua di cui è impregnata: poi la si mette in un serbatoio ben chiuso ove si fa affluire il gas cloro. Questo gas, che gode di proprietà scoloranti molto efficaci, si ottiene col riscaldare un miscuglio di sal marino, di acido solforico e di un composto chimico molto comune che si dice *perossido di manganese*. Per imbiancare cinquecento chilogrammi di cenci lacerati, bisogna produrre uno sviluppo di circa quattro metri cubi di cloro. Si può imbiancare la poltiglia di carta anche con cloruro di soda disciolto nell'acqua.

Quando la pasta è completamente scolorata, la si lava per isbarazzarla del cloro che ha trattenuto.

La figura 23 rappresenta l'apparato che serve contemporaneamente ad imbiancare e lavare la pasta di carta. Il grande cilindro concavo riceve la pasta che è sottomessa all'azione del gas cloro. Finito lo scoloramento, l'operaio leva la pasta dall'interno del cilindro per l'apertura praticata in mezzo ad esso, e la fa cadere nel tino sottoposto pieno d'acqua, ove si sbarazza del cloro mercè un'immersione prolungata. Eccola quindi pronta a trasformarsi in carta. La operazione che con una sola macchina a vapore converte la pasta in carta continua, *senza fine*, è delle più belle che si possano vedere; è complicata e pur semplicissima e rapida: cercheremo di darvene un'idea (vedi figura 24).

Ridotta coi mezzi che abbiam detto allo stato di perfetta bianchezza, questa pasta liquida è condotta con l'aiuto di una pompa, mossa dal meccanismo motore (ch'è ordinariamente il vapore e può anche esser l'acqua), in un bacino poco profondo, nel quale è mantenuta galleggiante mercè un *agitatore* — mosso dalla macchina — destinato ad impedire il depositarsi della pasta. Il bacino è disposto in guisa che la pasta, uscendo da una fessura longitudinale praticata sul fondo, va a cadere continuamente, ed in determinata quantità, sopra un cilindro che gira sempre; questo cilindro è rivestito d'una stoffa di flanella sulla quale rimane attaccata. Così ricoperta da uno strato di pasta di carta, questa flanella rotola successivamente intorno ad un numero considerevole di larghi rulli metallici, che nel loro interno incavato sono riscaldati dal vapore. Con questo passaggio suc-

cessivo e rapido sopra e sotto i rulli riscaldati, la pasta si trasforma visibilmente dallo stato quasi acqueo, poi diafano, indi trasparente; a poco a poco si secca, s'indurisce, prende consistenza. Al primo cilindro era, per così dire, acqua; all'ultimo rullo è carta. Voi vedete coi vostri occhi sulla macchina stessa la trasformazione successiva di una larga lista di carta continua, che potrebbe non finir mai; ma all'estremità della macchina un paio di grandi cesoie manovrate dal motore generale tagliano i fogli nella dimensione voluta. Questi fogli vengono posti uno ad uno tra piastre di zinco che si sottomettono ad una soppressa per ispremere l'umidità che ancor può rimanere nella carta. Finalmente si seccano ad una stufa, dopo di che possono essere adoperati. Una buona macchina può fabbricare in un'ora una lista di carta lunga cinquecentoventi metri e larga un metro e cinquanta centimetri.

Il prezzo ognor crescente dei cenci determinò parecchi fabbricatori a rintracciare una materia meno costosa per ricavarne la carta. I tentativi diretti ad utilizzare in questo senso le foglie superiori del grano turco e la paglia di riso, che fino ad ora si impiegavano come foraggio ausiliario e più ancora per strame, ebbero ottimi risultati; son già parecchie le fabbriche di carta che esclusivamente adoperano codeste materie.

Nel regno d'Italia si contano 540 cartiere, che danno lavoro a 8,640 operai, consumano 367,000 quintali metrici di stracci, e producono 710,000 risme, del peso di 210,000 quintali, e del valore di 28 milioni di lire. Le fabbriche genovesi hanno la specialità della carta per *cigaritos*, che è molto ricer-

cata all'estero; quella antichissima di Fabriano, nelle Marche, continua ad usare vecchi ma speciali processi; le carte che essa produce presentano le più favorevoli condizioni alla calcografia, con esse si può

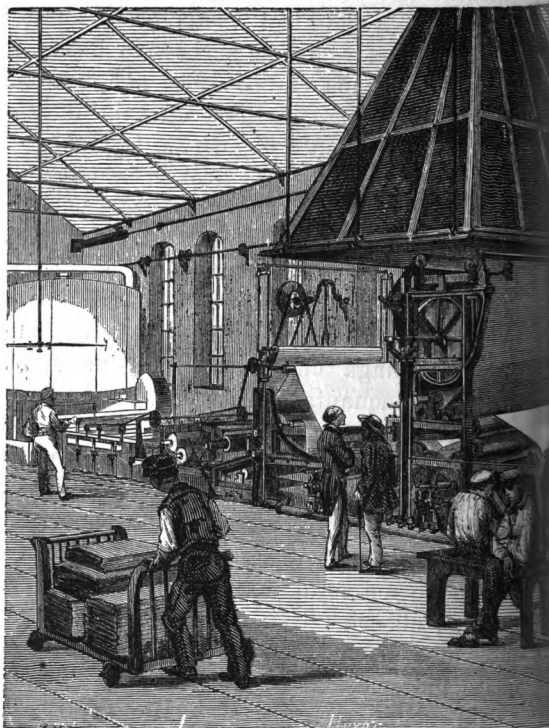
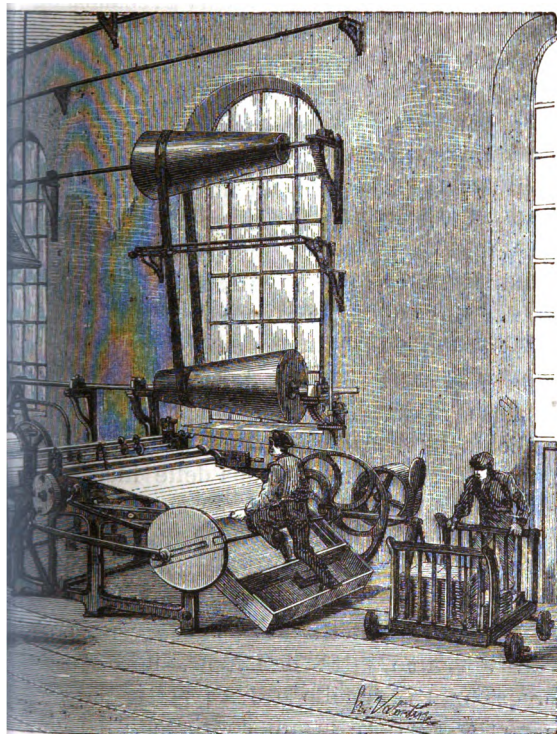



Fig. 24. Macchina

conseguire una grande perfezione nella stampa delle incisioni.

VARIE SPECIE DI CARTA.

Il *cartone* si ottiene con carta usata che si torna a ridurre in poltiglia, facendola macerare nell'ac-

ficare la carta.

qua. Questa pasta viene triturata tra macine di pietra, poi messa in grossi fogli per mezzo di forme col sistema della carta *alla forma*. In modo analogo si fabbrica la *carta pesta* impiegata nella fabbricazione

d'utensili domestici, cornici ed altri oggetti imitanti il legno intagliato.

La *carta straccia* è formata di fibre lunghette, grosse, disuguali, per cui essa si straccia e si schianta irregolarmente. La si dice anche grecamente *carta emporetica* perchè serve ai mercanti a involtare le merci. — La *carta sugante* o *succhia* è una specie di carta straccia, ma più sottile, la quale, non essendo incollata, succia l'inchiostro da scrivere. — La *carta velata*, che più comunemente e francesamente si dice *velina*, è una carta fina e liscia fatta alla forma, in modo che appariscono i segni delle vergelle. Essa fu inventata nello scorso secolo dall'inglese Baskerville. — La *carta di seta*, inventata da Giuseppe Montgolfier, si fabbrica con stoffe di seta usate o con seta non filata. — La *carta della Cina* è fatta con la seconda pellicola della corteccia di bambù o di gelso ridotta in pasta, con la paglia di riso o la pellicola interna dei bozzoli: questa carta la vince su tutte le altre per la stampa delle incisioni.

Giacchè siamo sull'argomento, ci permetteremo di nominare alcune altre qualità di carta, più per semplice analogia della parola che per vera conformità di composizione.

Infatti la *carta-pecora*, detta anche *pergamena*, per l'origine da Pergamo città dell'Asia, non è che una pelle di pecora, d'agnello o di capretto, preparata a uso non di cartiere ma di conciapelle e resa acconcia all'uso di scrivere, disegnare, miniare, far coperte di libri.

Il *carton pietra* è composizione di gran sodezza, che fassi con polvere di gesso o di scagliuola, ovvero con amido intriso d'olio cotto di lino, mistavi

acqua di colla, cera gialla e colofonio, impastati insieme; il tutto gettato in forme, da trarne cornici, fregi e altri simili lavori, i quali così riescono più capaci di finitezza e più sodi, che se eseguiti in carta pesta.

Finalmente si può fare la carta anche con un minerale filamentoso, composto di masse flessibili e morbide al tatto, cui si dà il nome di *amianto* o *asbesto*. L'amianto è un silicato di magnesia, che non si consuma alla temperatura dei fuochi ordinarii; per tal motivo i Greci ed i Romani adoperavano l'asbesto a far lucignoli, cui alimentavano per mezzo di sorgenti naturali di petrolio; e servivano quindi come lampade che non si estinguevano mai. Gli antichi adoperavano pure questo minerale come materia tessile, lo filavano e quindi ne facevano tessuti incombustibili per avvolgere i cadaveri che volevansi ridurre in cenere; in tal modo la cenere del cadavere non mescolavasi con le ceneri del combustibile del rogo. La tela d'amianto, essendo incombustibile non è punto alterata dal fuoco e rimane senza alcuna macchia; anzi le macchie fatte da sostanze organiche sopra la tela d'amianto scompaiono esponendola al fuoco.

La *carta d'amianto* gode delle stesse proprietà; per fabbricarla se ne sciolgono le fibre, e si rammolliscono con acqua calda; così si ottiene la pasta, che lavorata nei modi già indicati produce la carta.

IL TERMOMETRO

I.

Differenze di temperatura. — Dilatazione e condensazione — Termometro di Galileo. — Gli Accademici del Cimento lo migliorano — Il conte Renaldini d' Ancona lo perfeziona.

Nessuno al mondo è ignaro completamente dei fenomeni prodotti dal calorico, poichè tutti abbiamo giornalmente sott'occhio fenomeni di questo genere; l' acqua bolle nella pentola esposta al fuoco, per effetto del calore che questo produce; e per effetto del calore l'acqua scompare dalla pentola a poco a poco, si *evapora*, si converte cioè in un fluido aeriforme che dicesi *vàpore*.

Sono fenomeni egualmente prodotti dal calorico, tanto il solidificarsi di molte sostanze che abitualmente vediam liquide, come l' acqua, l' olio, il vino, il mercurio; quanto il liquefarsi d'altre sostanze che più di frequente vedonsi solide, come lo solfo, lo stagno, il piombo, lo zinco, il rame, il vetro, l'oro, l'argento, quando sieno per qualche tempo esposte al fuoco o ad altra sorgente di calorico.

Immergendo la mano nell'acqua appena estratta dal pozzo, e subito dopo in quella contenuta in un vaso rimasto al fuoco per qualche tempo, proviamo sensazioni ben diverse, sensazioni che paragoniamo

tosto fra loro, e che esprimiamo dicendo che l'acqua rimasta al fuoco è *più calda* dell' altra. Questa diversa sensazione riesce tanto più sensibile, quanto più tempo quell'acqua è rimasta in vicinanza al fuoco. Questo fatto, questo fenomeno, si esprime nel linguaggio scientifico, dicendo che l'acqua del vaso ha una *temperatura più alta* di quella estratta dal pozzo; e che, per effetto del calorico, la temperatura della prima va di mano in mano aumentando. Or bene, se taluno vi chiedesse quale differenza di temperatura esista fra quelle due acque, oppure se vi chiedesse di quanto aumentò la temperatura dell'acqua esposta al fuoco, come fareste per avere la misura di quella temperatura o di quell' aumento di temperatura? — L'immergere la mano nell'acqua non è sempre possibile, ed inoltre il senso potrà bensì accusare una differenza di temperatura, ma non potrà servire a misurarla; ecco dunque sorgere il bisogno di possedere uno strumento, col cui mezzo si possano misurare le temperature, non soltanto dell'acqua, ma degli altri corpi ancora. Lo strumento che serve a tale scopo dicesi *termometro*, parola composta di due vocaboli greci, la cui traduzione suonerebbe: *misura* (metro), *calore* (termo).

Questo strumento era ignoto agli antichi, i quali, come già sanno i nostri lettori, avevano scarsissime cognizioni in fatto di fisica; poichè

I nostri vecchi,
Di rispettabile,
D'aurea memoria,

tenevano in non cale l'osservazione e l'analisi dei fenomeni naturali.

Le scienze fisiche incominciarono ad essere coltivate con qualche frutto appena ai tempi di Galileo (1); e fu appunto questo grande Italiano, questo luminare della scienza, cui l'umanità va debitrice di tante belle ed utili invenzioni e scoperte, fu Galileo che pel primo concepì l'idea del termometro, idea che venne poi fecondata dagli studii successivi dei fisici e che oggi è divenuta di grandissima utilità pratica.

Il termometro ha per base un fenomeno che si

(1) Galileo Galilei nacque a Pisa il 18 febbraio 1564, morì nella sua villa d'Arcetri l'8 gennaio 1642. Grande astronomo, grande matematico, grande filosofo, grande scrittore, quest' uomo di genio è altrettanto celebre per le sue scoperte quanto per le sue sventure, per la persecuzione sofferta dalla Corte di Roma e dalla così detta Santa Inquisizione. Avendo egli verificato che la Terra si muove, l'Inquisizione lo processò, lo imprigionò, lo condannò, lo esiliò e lo obbligò a ritrattarsi! Della sua vita parleremo altrove; delle sue scoperte sono piene queste pagine. Ma più ancora che delle sue scoperte, il mondo gli va debitore del sistema inaugurato nella scienza. Prima di Galileo la scienza sacerdotale citava la Bibbia ed i Santi; la scienza laica giurava in Platone ed Aristotile. Galileo mostrò che nella scienza non c'è che un'autorità sola: quella dei fatti, delle prove, degli esperimenti. Da lui dunque ebbe vita il fecondo *metodo sperimentale* che liberò da ogni pastoia la scienza e le rese possibile di sollevarsi al sublime posto che occupa oggi: e dopo lui nacque l'*Accademia del Cimento*, che prese per divisa il *provando e riprovando*, divisa di tutti gli scopritori.

Così noi abbiamo la gloria di trovare al vestibolo della scienza moderna un italiano, Galileo; e al vestibolo della scienza contemporanea un altro italiano, Volta, l'inventore della *pila*, da cui il telegrafo e tante altre feconde applicazioni dell'elettricità.

osserva in quasi tutti i corpi: essi aumentano tanto più di volume, quanto più cresce la loro temperatura, ed all'incontro il loro volume diminuisce all'abbassarsi della temperatura, o, come dicesi comunemente

Fig. 25. Galileo Galilei.

quando si raffreddano. Così, ad esempio, se presa una sbarra di ferro alla temperatura ordinaria, ne misurate esattamente la lunghezza, e poi espostala ad una sorgente di calore, la misurate di bel nuovo

con ogni precisione, troverete che la lunghezza della sbarra è aumentata, e che l'allungamento di essa riesce tanto più sensibile, quanto più si è innalzata la temperatura del ferro per effetto del calorico. Tale fenomeno, dovuto all'allontanamento delle singole molecole, o particelle costituenti il corpo, le une dalle altre, dicesi *dilatazione*. Non solo i solidi, come il ferro da noi citato ad esempio, ma anche i liquidi e tutti i fluidi aeriformi si dilatano per effetto del calorico, ed all'incontro si restringono quando una causa qualunque fa perdere ad essi parte del calorico assorbito: siccome poi all'aumentare od al diminuire della temperatura di una determinata quantità corrisponde sempre, in uno stesso corpo, la stessa dilatazione nel primo caso, lo stesso restringimento nel secondo, così facilmente si scorge che la dilatazione ed il restringimento d'un corpo, causati dal calorico, possono servire di misura all'aumento od alla dimi-

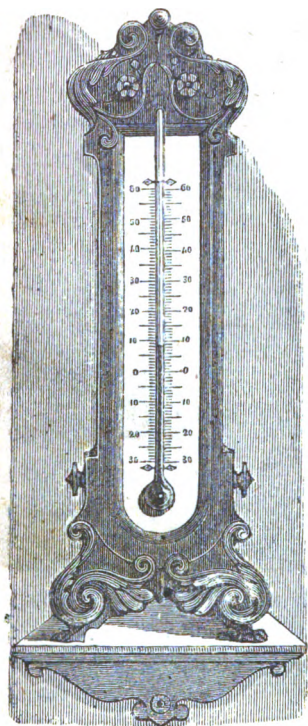



Fig. 26. Il termometro.

nuzione di temperatura di quel corpo. Inoltre, siccome l'esperienza dimostra che, quando due corpi di temperatura diversa sono messi a contatto, il corpo più caldo cede parte del calorico ch'ei possiede al meno caldo, e ciò fino a tanto che le temperature dei due corpi siano diventate eguali, ossia fino a tanto che i due corpi si trovino in *equilibrio di temperatura;* così il corpo scelto per dare, colla sua dilatazione o col suo restringimento, la misura delle variazioni di temperatura servirà anche a misurare le variazioni stesse in altri corpi, coi quali egli sia messo a contatto.

Il primo termometro, ideato da Galileo fino dal 1596 (1), era un cannello, o tubo sottile, di vetro, chiuso ad un capo e ripieno d'aria; pel capo aperto si facevano entrare alcune goccie di vino o d'acqua colorata, che per la resistenza opposta dall'aria contenuta nel tubo, non potevano discendere fino alla base di esso, e rimanevano sospese in guisa di breve colonnetta nell'interno del tubo. Riscaldando il tubo, si riscalda pure, per contatto, l'aria in esso racchiusa, ed il riscaldamento produce la dilatazione di quest'aria, la quale quanto più si dilata, tanto più in alto spinge la colonnetta liquida; mentre invece il raffreddamento del tubo (ossia una diminuzione nella sua temperatura) avrebbe per effetto il restringimento, o, come si dice dai fisici, la *condensazione*

(1) Gli stranieri attribuiscono l'invenzione del termometro ad un medico olandese per nome Cornelio Drebbel, che ne fece uso per la prima volta in Germania nel 1621. La data che figura qui sopra, tratta dalla *Vita di Galileo*, scritta dal celebre Viviani, suo discepolo, basta a far iscomparire ogni dubbio.

di quell'aria, la quale, venendo ad occupare minore spazio di prima, permetterebbe la discesa, per un certo tratto, alla colonnetta liquida. La posizione di questa colonnetta poteva quindi indicare l' aumento o la diminuzione di temperatura dell'aria circostante; non poteva però misurarla, poichè i vari termometri ad aria erano tutti costrutti in maniera completamente arbitraria: non partivano da un punto fisso e comune a tutti, come è necessario, volendo paragonare fra loro le indicazioni di questo strumento in guisa da farle servire alla misura delle temperature.

Gli Accademici fiorentini del *Cimento* recarono importanti miglioramenti nella costruzione dei termometri. Essi introdussero lo spirito di vino, colorato in rosso, in un sottil cannello, che poi chiusero ermeticamente alle due estremità onde sottrarre lo strumento agli effetti delle variazioni nella pressione atmosferica; essendosi inoltre accorti che, mentre il ghiaccio sta fondendosi, la sua temperatura si mantiene sempre costante, proposero come punto di partenza, per la misura delle temperature, quella appunto del ghiaccio fondentesi. Immerso quindi in esso il cannello contenente lo spirito di vino, notarono il punto a cui si arrestava la colonnetta liquida; esponendolo poscia al sole, nel massimo calore estivo, segnarono parimenti l'altezza cui allora giungeva lo spirito di vino; e divisero l' intervallo compreso fra questi due punti estremi in 50 parti eguali, cui diedero il nome di *gradi*. Rimanendo ancora poco precisa la posizione del punto più alto della scala termometrica, il conte Renaldini d'Ancona propose, nel 1694, un mezzo con cui *graduare* i

termometri con tutta esattezza. Ei notò che dall'istante in cui l'acqua esposta al fuoco in un vaso aperto — sotto l'ordinaria pressione atmosferica — incomincia a bollire, la temperatura dell'acqua, per quanto vivo sia il fuoco, rimane invariabile fino a che dura l'ebollizione. Ei pensò quindi di far servire questa temperatura come punto estremo della scala termometrica. Immergendo il cannello contenente lo spirito di vino prima nel ghiaccio fondentesi e poscia nell'acqua bollente, segnando sul cannello la posizione a cui giungeva la sommità della colonnetta liquida in entrambe le operazioni, e dividendo l'intervallo, compreso fra questi due punti, in un numero convenuto di parti eguali, egli ottenne un termometro le cui indicazioni hanno un esatto valore e sono paragonabili a quelle di altri termometri, costrutti in guisa analoga.

Il fisico danese Roemer (1) fu il primo a sostituire, nella fabbricazione dei termometri, il mercurio allo spirito di vino; e da allora in poi i termometri a liquido non ricevettero più alcuna modificazione nella sostanza. — Il loro uso divenne ognor più comune; ed oggidì tutti consultiamo il termometro per riconoscere la temperatura che incontreremo in istrada, per regolare il riscaldamento negli appartamenti, la temperatura dell'acqua pei bagni, la temperatura conveniente ai bachi da seta e simili.

Indipendentemente da questi usi domestici, il ter-

(1) Nato a Copenhagen il 25 settembre 1644, si rese celebre per molte sue scoperte di fisica, ed in ispecie per la scoperta della velocità della luce: morì in patria il 19 settembre 1710.

mometro recò grande vantaggio alla fisica, che, arricchita di questo nuovo mezzo di indagine e di confronto, potè compiere grandi progressi i quali, passati nel campo della pratica, recarono enormi beneficii alle arti ed alle industrie.

II.

Costruzione del termometro. — Tubi capillari. — Graduazione del termometro. — Varie scale termometriche. — Gradi di Reaumur, Celso e Fahrenheit. — Gradi positivi e negativi. — Valore relativo dei vocaboli caldo e freddo. — Termometri metallici.

A preparare il termometro è mestieri anzitutto scegliere un tubetto di vetro più sottile che sia possibile, uno di quei *tubetti* che nel linguaggio scientifico diconsi *capillari*, appunto perchè la loro interna cavità deve presentare un diametro poco diverso da quello di un capello. E tale diametro è necessario si mantenga eguale da un capo all'altro del tubetto, che in tal caso dicesi perfettamente *calibro*. Trovato adunque un tubetto che risponda a questa condizione, ne riscaldate un'estremità, esponendola alla fiamma d'una lampada; soffiando all'altra estremità, riducete la prima ad avere la forma di una bolla, ovvero, ciò che torna lo stesso, saldate all'estremità già riscaldata un tubetto di maggior diametro. Entrambe queste operazioni riescono facilissime, poichè, è bene rammentarlo, il vetro riscaldato diviene molle come cera e può ricevere qualunque forma. Per tal modo il tubo riceve una delle due forme indicate dalla figura 28.

Ciò fatto, bisogna riempiere il tubetto col liquido, sia mercurio o spirito di vino, con cui vuolsi fare il termometro; operazione che richiede alquanta cura.

— Oh che ci vuol tanto! scapperà a gridare, impazientandosi, uno fra i più giovani lettori; per empiere quel tubo basterà versarvi entro il liquido col soccorso di un imbuto.

Fig. 27. Riscaldamento del termometro.

— Adagio, adagio, mio caro, poichè qui trattasi d'un tubetto tanto sottile che il liquido non vi entrerebbe, per la semplicissima ragione che è già riempito d'aria. Bisogna cacciar via l'aria, prima d'introdurre un nuovo inquilino in un tubetto così sottile. Perciò si riscalda il tubo, esponendolo alla fiamma d'una lucerna (fig. 27). L'aria allora si riscalda e conseguentemente aumenta di volume, tanto che gran parte di essa sfugge dal tubo, e quella poca che vi rimane, essendo estremamente dilatata, non presenta, col successivo raffreddamento, che debolissimo ostacolo all'ingresso del liquido. Dopo di ciò basta immergere il capo aperto

in un serbatoio contenente il liquido adottato; allora la pressione atmosferica, gravitando sul liquido, lo spinge a riempiere quasi tutto il tubo e la bolla che vi è congiunta (fig. 29).

Ciò fatto, si riscalda il tubo di bel nuovo, fino a che il liquido introdottovi si mette a bollire; i va-

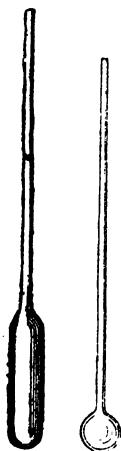



Fig. 28. Fig. 29.

pori che si sollevano dal liquido bollente, scacciano la poca aria ancora rimasta nel tubo. Subito dopo si immerge, per la seconda volta, l'estremità aperta del tubo nel serbatoio del liquido, onde così completare il riempimento del tubo. Prima di chiudere anche questa estremità, bisogna scacciare dal tubo ogni avanzo di aria; chè la menoma parte di questa incepperebbe il movimento della colonnetta liquida, al variare della temperatura. Per abbondanza di

precauzioni, si opera per la terza volta il riscaldamento, e poi si chiude ermeticamente l'estremità ancor aperta riscaldandone i labbri alla fiamma d'una lampada e stringendoli quindi l'un contro l'altro. Lasciando raffreddare il tubo, si vede a poco a poco diminuire la lunghezza della colonnetta liquida; la parte del cannello, priva di liquido, rimane quindi completamente vuota; e perciò, quando aumenterà la temperatura, il liquido non incontrerà resistenza alcuna, potrà dilatarsi liberamente.

Ma con tutte queste operazioni non si è ancora ottenuto il termometro: bisogna *graduarlo*, bisogna cioè segnare sovr' esso i punti cui corrispondono le due temperature costanti del ghiaccio fondentesi e dell'acqua bollente sotto all' ordinariá pressione. Preso quindi un recipiente pieno di frammenti di ghiaccio, vi s'immerge il cannello di vetro, lo si lascia in esso (vedi figura 30) fino a che il liquido non dà più segno di restringimento e mostra quindi essersi messo in equilibrio di temperatura con quella del ghiaccio fondentesi. Si segna allora sul tubo, con una punta di diamante, la posizione corrispondente della colonnetta liquida, posizione che si indica generalmente con uno zero. Per avere poscia l' altezza della colonnetta liquida corrispondente alla temperatura dell'acqua bollente, non si immerge direttamente in essa il tubetto, poichè l' esperienza dimostra che non tutta l' acqua che bolle in un vaso si mantiene alla stessa temperatura (in un vaso riscaldato dal basso gli strati d'acqua sono tanto più caldi, quanto più sono prossimi al fondo del vaso, ossia alla sorgente di calorico che serve a riscaldarlo, e quanto più grande è l'altezza dell'acqua nel vaso stesso); però i vapori che si svol-

gono dall'acqua bollente, si mantengono sempre alla stessa temperatura dello strato d'acqua più alto, temperatura che fu appunto adottata qual limite superiore della scala termometrica.

Per mantenere il cannello in mezzo a questi vapori, si piglia un vaso B A C D, con lungo collo forato alla parte superiore in O, come indica la fi-

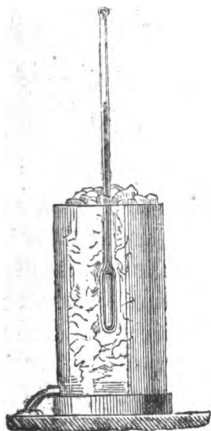



Fig. 30.

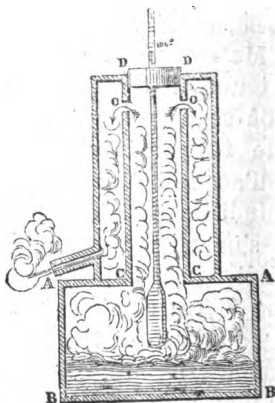



Fig. 31.

gura 31. Questo collo si chiude con un turacciolo, traverso il quale passa il cannello del termometro. Il collo stesso è poi chiuso tutto all'ingiro con una cassetta munita d'una sola apertura A. — Riempiuto d'acqua per metà circa il vaso, lo si espone al fuoco; in breve tempo l'acqua entra in ebollizione ed il vapore incomincia a svolgersi alla superficie dell'acqua; il vapore sale, investe tutto il tubo del termometro ed esce poscia dai fori O O, e per ultimo dal

foro o tubetto praticato verso A. — La cassetta, che circonda il collo, ha per ufficio di impedire che il vapore, uscendo dal vaso, si raffreddi, e lo obbliga quindi a mantenersi a costante temperatura. La colonnetta liquida del termometro, esposta, come abbiam detto, ai vapori dell'acqua, si riscalda, ed aumentando di volume va continuamente salendo; ma stabilitosi, dopo un certo tempo, l'equilibrio di temperatura fra essa ed il vapore che la circonda, cessa di salire, e, fino a che dura l'ebollizione, si mantiene stazionaria. Si segna allora con la punta di diamante questa altezza massima cui giunge in tal caso la colonnetta liquida.

Ottenuti per tal guisa due punti estremi nella scala delle temperature, altro non resta che suddividere quest'intervallo fondamentale in un determinato numero di parti eguali. Diconsi termometri *a scala di Reaumur* od *ottantigradi* quelli che hanno la divisione di 80 parti; *centigradi* od *a scala di Celso*, quando la divisione è in 100 parti; *a scala di Fahrenheit*, quando lo stesso intervallo è diviso in 180 parti eguali. In ciascuno dei tre casi, una delle parti ottenute nel modo ora indicato dicesi *grado;* ad indicare una temperatura di un determinato numero di gradi, suolsi scrivere alla destra di questo numero, un po' in alto, un piccolo ° (grado); ad indicare poi a quale scala appartenga la temperatura indicata da quel numero, lo si fa seguire dall'iniziale della scala stessa; per cui 100° C si leggeranno *cento gradi della scala di Celso;* 80°R, *ottanta gradi della scala di Reaumur;* 180°F, *centottanta gradi della scala di Fahrenheit* (1). — Nei termometri a

(1) Siccome i gradi ora scritti indicano le stesse variazioni

scala di Fahrenheit, la temperatura del ghiaccio fondentesi non è contrassegnata con lo zero, ma invece corrisponde a 32 gradi; perciò lo zero del termometro Fahrenheit viene stabilito portando 32 parti eguali a quelle ottenute con la divisione per 180, al di sotto del punto in cui si arrestò il liquido quand'era immerso nel ghiaccio fondentesi. Quindi questa scala è divisa in 32 più 180, ossia in 212 parti eguali; il suo zero però non corrisponde a quello delle altre due scale, ma è alquanto più basso. Non corrisponde alla temperatura del ghiaccio fondentesi ma a quella di una mescolanza in parti eguali di neve e sale ammoniaco.

Per distinguere i gradi che si trovano al disopra da quelli che si trovano al disotto del punto segnato zero, si convenne di chiamare *positivi* i primi e indicarli col segno (+) *più; negativi* i secondi e denotarli col segno (—) *meno*.

Quando il termometro, abbassandosi, giunge a segnare alcuni gradi sotto allo zero, volgarmente si dice che il termometro segna tanti gradi di freddo. No, signori, il termometro non indica freddo, indica sempre calorico. La parola freddo non ha che un valore relativo, e la si adopera per denotare un corpo

di temperatura, così si scorge che 100°C sono eguali ad 80°R e a 180°F, e quindi anche 5°C = 4°R = 9°F. — Per convertire quindi un numero di gradi centigradi in quelli della scala di Reaumur, bisognerà moltiplicare i primi per $\frac{4}{5}$; per convertire invece i gradi di Reaumur in centigradi, converrà moltiplicare i primi per $\frac{5}{4}$; così per esempio:

$$30^\circ C = \frac{4}{5} \times 30^\circ R = 24^\circ R.$$

meno caldo d'un altro. — Per tal motivo diciamo che il ghiaccio è più freddo del corpo umano, intendendo che il ghiaccio è meno caldo del nostro corpo; e questo, alla sua volta, è meno caldo dell'acqua bollente, la quale è meno calda del piombo liquido, che è poi meno caldo dello zinco liquido, ecc., ecc. Se taluno dicesse che il piombo liquido è freddo, chi riescirebbe a frenare il riso? Immergivi una mano, e poi mi racconterai se ei sia freddo, direbbe qualche ragazzetto malizioso: eppure il piombo liquido è freddo, rispetto allo zinco, all'argento, all'oro, al ferro, al platino in fusione (1). — Nello stesso modo, il ghiaccio fondente è caldo, rispetto al vino gelato, al mercurio, all'etere, all'acido carbonico, all'acido solforico, solidificati per effetto di bassissima temperatura (2).

Concludiamo adunque: in natura non vi è corpo che possa dirsi assolutamente caldo o freddo; vi sono bensì molti corpi dotati di maggiore o minore quantità di calorico. — I limiti delle temperature, adoperati per segnare la scala termometrica, sono com-

(1) Il piombo fonde alla temperatura . . + 330°C
Lo zinco » » + 450°C
L'argento » » + 1000°C
L'oro » » + 1250°C
Il ferro » » + 1600°C
Il platino » » + 1700°C.

(2) L'acquavite si solidifica a . . . . . — 22°C
L'aceto » . . . . . — 34°C
Il mercurio » . . . . . — 39°C
L'etere » . . . . . — 41°C
L'acido carbonico » . . . . . — 65°C
L'acido solforico » . . . . . — 89°C.

pletamente arbitrarii; possono esservi temperature molto, ma molto superiori a quella dell'acqua bollente e temperature altrettanto inferiori, rispetto a quella del ghiaccio fondentesi.

Nessun corpo, per quantunque caldo, potrà darci l'idea del corpo il più caldo, poichè col pensiero potremo sempre immaginare un corpo ancor più caldo; e così pure non vi ha corpo dotato di tanto poco ca-

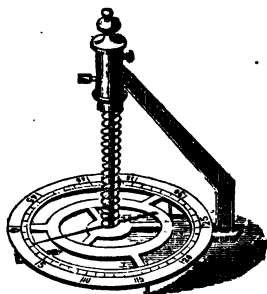



Fig. 32. Termometro metallico.

lorico, o come dicesi, tanto freddo, che non si possa immaginare un corpo ancor più freddo. La mente umana non può fissare un limite nè alle alte, nè alle basse temperature.

È comune errore quello di credere che il termometro valga a misurare la quantità di calorico posseduta da un corpo; nè desso, nè altro strumento può servire a ciò; il termometro si limita a dar sempre lo stesso segno quando si trova alla stessa temperatura, e serve ad indicare quale fra due o più corpi sia più caldo dell'altro. E se, ad esempio, uno

d'essi indica al termometro una temperatura di 32°, mentre l' altro accenna ad una temperatura di 16°, non potremo concludere che la temperatura del primo è doppia di quella del secondo, ma unicamente che la quantità ignota di calorico posseduta da quest' ultimo è minore di quella posseduta dal primo.

Ancora due parole, ed avremo finito: oltre ai termometri a mercurio ed a spirito di vino, da noi descritti, sonvi pure i termometri metallici. Anch'essi si fondano sulla ineguale dilatazione o contrazione prodotta nei diversi metalli dall' aumento o diminuzione della temperatura; riescono ancor più squisiti dei termometri a liquido, e tradiscono le più piccole variazioni di temperatura. Sono formati da tre laminette sovrapposte, una di platino, l'altra d'oro e la terza d' argento, saldate insieme per tutta la loro lunghezza. Compresse poi dal laminatoio, formano un solo nastro metallico molto sottile, che viene quindi avvolto in forma di spira, come vedesi nell'unita figura 32. Se ne fissa l'estremità superiore ad un sostegno, e si appende una leggera lancetta all'estremità inferiore della spira; questa lancetta può muoversi liberamente sopra un quadrante orizzontale graduato. Dei tre metalli adoperati nella fabbricazione della spira, l'argento è il più dilatabile ed il platino è il meno. L' argento occupa la parte interna della spira, ed il platino l' esterna. All' aumentare della temperatura e dilatandosi l' argento più degli altri due metalli, la spira deve svolgersi da sinistra a destra, e muovere la lancetta in questo senso; mentre l'opposto dovrà succedere quando la temperatura si abbassa. L' oro, collocato fra gli altri due

metalli, avendo una dilatazione intermedia a quella degli stessi, giova ad impedire la rottura, che potrebbe prodursi per la differenza nella loro dilatazione. Per graduare questo termometro, se ne confrontano le indicazioni con quelle fornite da un buon termometro a mercurio. — Altre volte questi termometri si riducono a forma tascabile, dando loro l'aspetto d'un orologio.

IL BAROMETRO

I.

Le frasi improprie. — L'aria. — La macchina pneumatica. — Esperimenti piacevoli. — Peso dell'atmosfera. — Le pompe dei pozzi. — G. B. Baliani primo scopritore della pressione atmosferica. — L'orrore del vuoto! — Torricelli inventore del barometro. — Sua modestia. — Esperimento fatto eseguire da Pascal sulla montagna del Puy-de-Dôme.

Nel corso di queste pagine ci accadrà sovente di additarvi frasi improprie che sono troppo comuni. Non si può credere il male che fanno questi modi di dire erronei: è colpa loro se sono invalse, in materia di scienza, le idee più strane; e se voi fate qualche osservazione, vi rispondono: ma si dice pure così e così! L'abitudine è tale, che tu che conosci l'improprietà di una frase, l'adoperi, per non darti il fastidio di cercarne un'altra, e per non sentirti appiccicar del pedante.

Per accennarne una delle mille, quante volte avrete udito ed anche detto in un giorno di nebbia o di temporale, che il tempo, o peggio ancora, che l'aria è pesante? Eppure, propriamente allora, l'aria è più leggera del solito, ed è questa leggerezza che vi fa sentire un malessere, simile a quello del pesce che si trova

fuor d'acqua. Andiamo infatti a consultare il barometro.

Già sapete che l'aria, sebbene sia trasparente, mobilissima e leggerissima, pure è un corpo, ed è quindi, come tutti i corpi della natura, dotata di un certo peso.

A convincervi della verità di questo ragionamento,

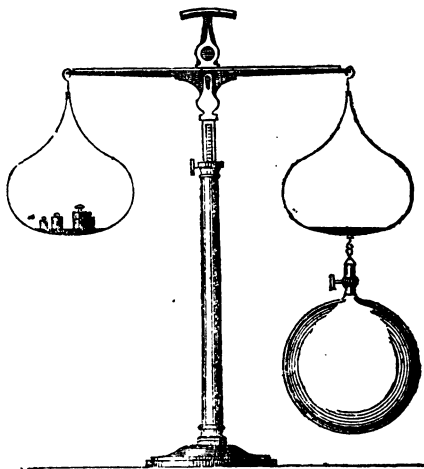



Fig. 33.

a convincervi cioè che l'aria è pesante, vi invitiamo a prestarci un po' d'attenzione in un facile esperimento che vogliamo ora esporvi.

Prendiamo un vaso di vetro di forma qualunque, per esempio sferica, come è quello rappresentato dalla figura 33, il quale termina in un collo guernito d'un orlo metallico che possa essere tenuto chiuso od aperto per mezzo di una chiave o *robinet'o*. Il robinetto, es-

sendo aperto, il pallone sarà certamente ripieno d'aria; or bene, sospendiamo questo pallone, per mezzo dell'uncino che lo sormonta, ad un altro uncino pendente dal piatto inferiore di una bilancia, nell'altro piatto della quale collocheremo tanti pesi quanti saranno necessari per tenerla in equilibrio. Ciò fatto, togliamo via il pallone; e ricorrendo a quella macchina che serve a fare il vuoto, *macchina* cui dai fisici si dà il nome di *pneumatica*, vuotiamolo dell'aria che esso contiene, quindi giriamo il robinetto per impedire all'aria di rientrare nel pallone, e sospendiamolo nuovamente alla bilancia. Allora i pesi che prima mantenevano esattamente l'equilibrio saranno esuberanti; il piatto contenente i pesi si abbasserà, quello cui è sospeso il pallone si alzerà; e se vorremo ristabilire l'equilibrio, dovremo togliere alcuni pesetti dal primo piatto. Per qual motivo? perchè, mentre nella pesata precedente il pallone era ripieno d'aria, in questa seconda pesata esso ne è vuoto: i pesi sottratti rappresentano quindi il peso dell'aria che era prima contenuta nel pallone. L'esperimento riescirebbe convincente del pari eseguendolo inversamente: vuotando cioè anzitutto il pallone dell'aria ch'esso contiene, chiudendo quindi il robinetto, sospendendo il pallone ormai vuoto al piatto della bilancia, e collocando nell'altro piatto i pesi necessarii a mantenere l'equilibrio; quando la bilancia sarà perfettamente equilibrata, si apra il robinetto: allora l'aria, penetrando nel pallone, lo riempie, e quasi istantaneamente si vedrà rompersi l'equilibrio; il piatto dei pesi salirà e quello del pallone discenderà, per la semplicissima ragione che quei pesi, che mantenevano in equilibrio il pallone quand'era vuoto,

non possono fare equilibrio al pallone empiutosi d'aria. Per ristabilire l'equilibrio, dovremo aggiungere alcuni pesetti; tanti cioè, quanti ne avevamo tolti nell'esperimento precedente. Se la capacità del pallone fosse di un litro, il peso che dovremo aggiungere sarà un grammo e tre decigrammi; se fosse di dieci litri, quel peso sommerebbe a tredici grammi, e così via via.

Questa esperienza non ci lascia più dubbio che l'aria è pesante.

La massa d'aria che circonda il nostro globo terrestre chiamasi *atmosfera*, e, secondo i computi più accurati, sembra che non abbia un'altezza superiore ad un centinaio di chilometri. Però il peso dell'aria non è ovunque lo stesso; nelle regioni più basse dell'atmosfera, esso è a un dipresso quello da noi indicato testè; ma di mano in mano che si sale, si trova che uno stesso volume d'aria pesa successivamente meno, si trova che *la densità dell'aria* va costantemente diminuendo, fino a che, sollevandosi nelle regioni superiori dell'atmosfera, si troverebbe aria d'una straordinaria leggerezza. Per qual ragione? perchè, mentre le parti più basse dell'atmosfera devono sopportare il peso di tutta l'aria superiore, le parti più alte sopportano quantità di aria di mano in mano minori; e siccome *l'aria è fluido compressibile,* così ne viene che le regioni inferiori dell'atmosfera, essendo più premute, sono anche piu dense, e le porzioni d'atmosfera che si incontrano di mano in mano salendo, sono di densità sempre minore.

Dal fin qui detto risulta che tutti i corpi posti alla superficie della Terra devono sopportare il peso di tutta l'aria esistente superiormente ad essi, peso

che, come vedremo, corrisponde a 10330 chilogrammi per ogni metro quadrato di superficie.

Questa enorme pressione, che l'atmosfera esercita su tutti corpi, non ci è sempre manifesta, poichè il più delle volte essi sono premuti dall'aria tanto dall'alto al basso, quanto dal basso all'alto, tanto sopra un fianco, quanto sull'altro; e quindi le due pressioni si fanno equilibrio; se però un corpo è premuto dall'aria da una parte sola, allora la pressione si manifesta. Così, ad esempio, prendendo un largo tubo di vetro o d'altra sostanza, il quale sia chiuso esattamente alla sua parte superiore da una membrana di vescica ed appoggiandolo sul piatto di una macchina pneumatica; appena si principia a fare il vuoto nel tubo per mezzo di quest'ultima, si vedrà la vescica incurvarsi per effetto del peso di tutta l'aria che esiste sovr'essa e che non trovasi equilibrata al disotto; e quando il vuoto sarà fatto, si udrà scoppiare la vescica con gran fracasso perchè la vescica stessa, non potendo reggere al peso dell'aria, si rompe; il rumore è prodotto dall'aria che si precipita nel tubo.

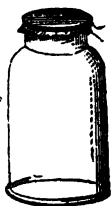



Fig. 34. Crepa-vescica.

Fig. 35.

Un altro esperimento, che passiamo a descrivere, varrà a mostrarvi che realmente la pressione che si esercita alla superficie dei corpi è grandissima. — Si prendano due emisferi cavi di rame *a* e *b* (fig. 35), i cui orli unti di sego combacino perfettamente; uno di quei due emisferi sia munito d'una cannella *c*, col mezzo della quale si possa estrarre l'aria contenuta nella loro cavità.

Questa cannella sia munita d'una chiave o robinetto, chiudendo il quale si impedisca all'aria di rientrare in quella capacità. Fatto il vuoto in quest'ultima, i due emisferi, che quand'erano pieni d'aria si staccavano con la massima facilità, sono ora premuti, l'uno contro l'altro, dall'aria esterna con sforzo grandissimo. L'inventore della macchina pneumatica, Ottone di Guerike (1), eseguì pel primo tale

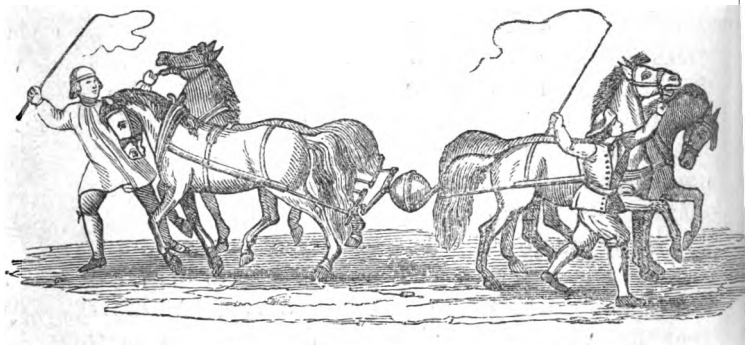



Fig 36.

esperimento nel 1650 a Ratisbona, dinanzi a Ferdinando III imperatore. Gli emisferi, adoperati in quell'esperimento, avevano pochi decimetri di diametro, ed erano muniti ciascuno d'un anello, come lo indicano le figure 35 e 36. Ebbene, come potevasi prevedere col soccorso della teoria, parecchi cavalli attaccati agli anelli dalle due parti opposte non bastarono a separare i due emisferi.

(1) Nato a Magdeburgo nel 1602, arricchì la fisica e l'astronomia con importanti scoperte. Morì in Amburgo nel 1686.

Fig. 37. Evangelista Torricelli.

Girando poi il robinetto, l'aria penetra nuovamente nella cavità dei due emisferi, e questi possono essere allontanati l'uno dall'altro dalle mani di un fanciullo.

Ora vi descriveremo un altro esperimento non meno importante, col vantaggio di poter essere eseguito da chicchessia con somma facilità.

Prendiamo un tubo di vetro aperto alle due estremità, ed immergiamolo in parte, mantenendolo però ritto in piedi, nell' acqua contenuta in un vaso. Allora l' acqua scaccerà parte dell' aria contenuta nel tubo e si alzerà in esso, mantenendosi allo stesso livello tanto nell'interno del tubo, quanto nel rimanente del vaso. Supponiamo ora che quest' ultimo sia egualmente ampio per tutta la sua altezza, dalla bocca sino al fondo, che è quanto dire abbia forma cilindrica o prismatica; prendiamo un disco ampio precisamente quanto il vaso, ed in questo disco pratichiamo un foro traverso, il quale passi esattamente la parte inferiore del tubo adoperato nell'esperienza precedente. Introduciamo ora il disco, così sormontato dal tubo, nell'interno del vaso e portiamolo dapprima a contatto colla superficie dell'acqua contenuta nel vaso, e poi, esercitandovi sopra una certa pressione, veniamo a premere l' acqua sottostante; ecco l'acqua del tubo alzarsi tanto più nel suo interno, quanto sarà maggiore la pressione esercitata sul disco. Eseguendo replicate ed accurate esperienze, le quali sono esattamente confermate dalle teorie meccaniche, si trova che l'altezza a cui ergesi l'acqua nel tubo, al di sopra del livello dell'acqua del vaso, è sempre tale, che il peso della colonna liquida che rimane sospesa, esercita su ogni punto della sua base una pressione identica a quella che il disco esercita

su ogni punto della superficie dell'acqua del vaso. Per ultimo osserviamo che se, allontanato il disco e lasciando ancora il tubo parzialmente immerso nell'acqua, vi applichiamo la bocca, ed aspirando l'aria contenuta nel tubo facciamo il vuoto nel suo interno, vedremo l'acqua salirvi a grande altezza. A renderci ragione di tale fenomeno, basta por mente che, nel primo caso, l'aria preme egualmente tanto la porzione d'acqua circondata dal tubo, quanto l'acqua contenuta nel vaso, e quindi non vi ha alcun motivo per cui l'acqua debba sollevarsi nel tubo. Nell'ultimo caso,. all'incontro, l'acqua, circondata dal tubo in cui si è fatto il vuoto, succhiandone l'aria con la bocca, non è menomamente premuta dall'aria; mentre quest'ultima continua sempre a premere con gran forza sul restante dell'acqua contenuta nel vaso. In tal caso l'aria atmosferica compie lo stesso ufficio del disco premente, di cui parlavamo or ora; con la sola differenza, che nel caso del disco l'elevarsi dell'acqua nel tubo era indipendente dalla pressione atmosferica, la quale agiva con egual forza tanto sull'acqua circondata dal tubo, quanto sulla rimanente; ora invece l'ascensione dell' acqua è unicamente dovuta alla pressione atmosferica, l'acqua premuta esternamente sale nel tubo nel quale non incontra resistenza alcuna. Quest'esperimento serve di base alla teoria delle pompe comunemente impiegate ad innalzare le acque dai pozzi o dalle cisterne.

Se nell' esperimento ora descritto si adopera, in luogo dell'acqua, un liquido più pesante, per esempio il mercurio, esso salirà bensì nel tubo, ma ad altezza molto minore: poichè, come abbiam detto, l'altezza cui si solleva la colonna liquida nell'interno del tubo

è sempre tale da fare equilibrio, col proprio peso, alla pressione che si esercita esternamente, sia essa quella dell' atmosfera od altra pressione qualunque prodotta artificialmente. E non variando la pressione che si esercita all' esterno, non può neppur variare il peso della colonna liquida sostenuta; e siccome quanto più un corpo è pesante, tanto minore spazio egli occupa, così ne viene che l'altezza della colònna liquida sarà tanto minore, quanto più sarà pesante, e quindi quanto più sarà denso il liquido impiegato. Questo fatto serve di base alla costruzione dei *barometri*, parola greca che vale precisamente *misura del peso*, sottintendendosi che il peso che si vuol misurare è quello dell'atmosfera.

Gli antichi avevano qualche idea vaga intorno al peso dell'aria; sarebbe stato impossibile dubitare completamente di questo fatto, avendo sempre sott'occhio i potenti risultati meccanici prodotti dai movimenti dell'atmosfera; gli effetti dei venti avrebbero bastato a stabilirne l'evidenza. Aristotele quindi, coi filosofi dei suoi tempi, ammetteva che l'aria fosse pesante; e' lasciò scritto (1): *Ogni cosa gravita nella propria regione, all' infuori del fuoco, persino l'aria, poichè un otre gonfio pesa più d' uno vuoto;* ma, come in tanti altri argomenti di fisica, egli non andava più oltre nei suoi ragionamenti, e non sapeva trarre da sì fecondo principio la più leggera deduzione per ispiegare con essa qualche fenomeno naturale.

(1) *Aristot. de cœlo*, lib. IV, summa 3.ª, cap. 2º, text. 30.

Ed anche questo principio fu combattuto nei secoli successivi. Nel XVI secolo ed al principio del XVII i filosofi sostenevano che l'aria non aveva peso, ma leggerezza, e che perciò le cose terrene non dovevano essere premute dall' aria che le attorniava da ogni parte. Essi dicevano: il mondo è pieno: ogni vuoto è impossibile; perchè *ciò che non è cagione d'alcun effetto, il filosofo non dee ammetterlo nella natura; ma il vuoto non è causa d' effetto alcuno in natura: dunque non dee ammettersi il vuoto.*

E dietro così splendida argomentazione i dottori negavano il vacuo, anzi predicavano in tutti i loro libri che la *natura aveva orrore del vuoto*, e che per impedirlo essa avria messa in opera tutta la sua forza, che reputavasi infinita.

Sostener dunque che l' aria pesasse, reputar possibile il vuoto erano assurdi filosofici; e guai all'imprudente che avesse osato pronunciarli e difenderli.

Eppure, sul principio del secolo XVII, due italiani credevano al peso dell'aria ed al vuoto: GALILEO a Firenze; G. B. BALIANI (1) a Genova.

(1) GIOV. BATT. BALIANI nacque in Genova da famiglia patrizia nel 1582. Studiò le lettere e le leggi; occupò varie cariche, fu governatore di Savona e senatore. Corrispose coi più celebri scienziati del suo tempo; pubblicò nel 1638 il libro: *De motu gravium solidorum*, che ristampò ampliato nel 1646. Nel 1647 diede in luce un'opera: *Della pestilenza*, che riprodusse nel 1653, e mise fuori in diversi tempi alcuni opuscoli che tutti poi raccolse e ripubblicò, insieme a molti inediti sin allora, nel 1666, quando aveva omai raggiunta l'età di 84 anni: in quel mentre l' apoplessia lo colse e lo spense. — A ben ritrarre l' indole della sua mente e l' ingenuità

Baliani, più giovane di 18 anni, s'era messo con ardore sulla via aperta dal filosofo pisano; e distratto talvolta, ma non assorto interamente dalle cure politiche, avea studiato (come scriveva Galilei) (1) *sul medesimo libro,* il gran libro della natura, e coi me-

del carattere; basterà questo avviso singolare che si legge in fondo all'ultimo volumetto dei suoi scritti:

« Á capo delle suddette materie stampate sinora m'è sopravvenuta, a' 6 del corrente mese d'agosto 1666, una occupazione di testa, con indebolirmi il moto della mano manca, con pormi in dubbio, che perseverando nello studio potessi incorrere in qualche male apopletico, onde ho deliberato di tralasciar per ora di più stampare; se però io ritornassi in stato di poterlo fare, penserò d'andar seguendo le materie che già ho abbozzato, e sono: un trattato della febbre, uno di materie legali, uno di cose intorno l'arte poetica, uno da ingegneri, e finalmente alcune questioni teologiche. In tutte queste materie, come in tutte le altre mie, ho procurato due cose; la prima che per quanto può supplire la debolezza del mio ingegno, siano ben provate; la seconda, che non siano cose dette da altri, essendo io molto alieno da replicare l'altrui: se io non miglioro di salute, priego il lettore di accettare la mia buona volontà ».

Queste notizie sulla vita del Baliani e sulla scoperta da lui fatta sono tolte dalla *Nota* del professore Gilberto Govi, *intorno al primo inventore della pressione atmosferica* negli *Atti dell' Accademia delle Scienze di Torino*. Giugno 1867.

(1) *Notizie su la festa centenaria di Galileo Galilei, celebrata a Pisa il* 18 *febbraio* 1864, *coll'aggiunta di alcune lettere inedite di Galileo possedute dalla Biblioteca nazionale di Milano, e per la prima volta illustrate da Giuseppe Sacchi*. Milano 1864.

Prima lettera inedita di Galileo a Baliani, de' 25 gennaio 1614, pag. 8-9.

desimi fondamenti, cioè coll'aiuto delle matematiche. Nello svolger le pagine dello stupendo volume, sì l'uno che l'altro s'erano avvisti della gravezza dell'aria; solo Galileo, che, al dir di Baliani (1), *vi sapea legger meglio*, avea subito trovato il modo di misurarla. Filippo Salviati ne avvertì Baliani, il quale non ebbe pace sinchè non fu pervenuto a mettersi in corrispondenza col Galilei e a ottenere da lui che gl' insegnasse l'artificio per misurare la densità dell'aria atmosferica.

Galilei, che più di sè e della gloria propria amava la scienza e la verità, scorgendo nel Genovese un *filosofo libero* e un *buon geometra*, gli si affezionò subitamente e si affrettò a soddisfarlo insegnandogli il modo di pesar l'aria (2). Dopo uno scambio affettuoso di pensieri su vari argomenti scientifici, avvenne finalmente che ai 27 luglio 1630 (3) il Baliani consultasse Galilei intorno ad un fenomeno osservato per caso e che oltremodo gli turbava lo spirito. Trattavasi di far passare una certa quantità d'acqua da una in altra vallata, portandola con un lungo sifone su pel dorso d'un colle alto 85 palmi genovesi (circa 21 metri 17 cent.); e, quantunque la valle di sgorgo fosse più bassa di quella dov' era l' acqua da derivarsi, riempito prima il sifone, poi apertene le bocche, l'acqua non iscorreva altrimenti da esso in modo continuo, ma abbandonando le parti alte del tubo,

(1) GALILEO, *Opere complete*. Edizione di Firenze per cura di Eugenio Alberi, tom. VIII, pag. 298.

(2) *Notizie sulla festa,* ecc. Seconda lettera di Galileo, del 12 marzo 1614, pag. 10-13.

(3) GALILEI, *Opere,* Tom. IX, pag. 195-197.

scendeva contemporaneamente dai due lati, se tutti e due venivano aperti; e se quello solo si aprisse che pescava nella sorgente, l'acqua non abbandonava meno per ciò la sommità del sifone, ma giunta a circa dieci metri dal pelo del liquido nella valle, lì si fermava, nè più oltre scendeva.

Galileo rispose a' 6 d' agosto dello stesso anno, quasi a posta corrente (1), e dolendosi che il Baliani non l'avesse consultato prima intorno al sifone, poichè l' avrebbe distolto dal costruirlo « col mostrare l' impossibilità del quesito »; gli diede le ragioni per le quali, a parer suo, l' acqua che si fa salire per *attrazione* in un *sifone* non può andar oltre a 40 piedi e forse meno d' altezza. Galileo attribuiva erroneamente la salita dell' acqua a quell' altezza ad una energia propria del vuoto, e rassomigliava l'acqua sospesa nel sifone e tirata su da una tromba, ad una corda greve che, pervenuta ad una certa lunghezza, pel suo proprio peso si strappi.

Baliani non si appagò di questa spiegazione; ei rispose sollecitamente (2) al sommo filosofo, ringraziandolo colle più sentite espressioni, e dicendogli: « Io avrei riconosciuto lo stile e veduto esser cosa « sua, ancorchè non fosse stata sottoscritta, per la « saviezza della dottrina con la quale scioglie il que- « sito propostole da me con la precedente mia, e mi « pento di non averlo fatto prima, perchè si sarebbe « risparmiata molta spesa ». Ma dopo le parole cor-

(1) *Notizia sulla festa*, ecc. Terza lettera di Galileo, del 6 agosto 1630, pag. 17-20.

(2) GALILEI, *Opere*, Tom. IX, pag. 210-214. Lettera di G. B. Baliani, del 29 ottobre 1630.

tesi e riconoscenti il Baliani s'arrischia a metter fuori un suo dubbio, e lo fa con tal garbo da non offendere in nessun modo il Galileo, anzi da onorarlo maggiormente, come si scorge dalla chiusa dell'interessante lettera che qui trascriviamo, ritenendo che non debba riuscir sgradita al lettore.

« Io non son già, scrive il Baliani, dell'opinione volgare che non si dia vacuo; però non mi potei dar a credere che si desse il vacuo, in tanta quantità e così facilmente. E per non mancar di dirle la mia opinione intorno a ciò io ho creduto che naturalmente il vacuo si dia da quel tempo che io ritrovai che l'aria ha peso sensibile, e che V. S. m'insegnò in una sua lettera il modo di ritrovarne il peso esatto, ancorchè non mi sia riuscito finora il farne esperienza. Io dunque allora formai questo concetto, che non sia vero che ripugni alla natura de le cose che si dia vacuo; ma ben che sia difficile ch'esso si dia, e che non si possa dar senza gran violenza, e che si possa ritrovar quanta debba essere questa tal violenza che si richiede per darsi vacuo. E per dichiararmi meglio, essendo che, se l'aria pesa, non sia differenza fra l'aria e l'acqua che nel più e nel meno, è meglio parlar dell'acqua, il cui peso è qui sensibile, perchè poi lo stesso dovrà avvenire dell'aria. Io mi figuro dunque di essere nel fondo del mare ove sia l'acqua profonda diecimila piedi, e non fosse il bisogno di rifiatare, io credo che vi starei, sebbene mi sentirei più compresso e premuto da ogni parte di quel ch'io mi sia di presente; e perciò io credo che non potrei star nel fondo di qualsivoglia profondità d'acqua, la quale, crescendo in infinito, crescerebbe per mio avviso tal compressione in modo, che le mie membra non vi potrebbon resistere. Ma, per ritornare, dalla detta compressione in fuori, io non sentirei altro travaglio, nè sentirei maggiormente il peso dell'acqua di quel ch'io mi faccia, quando, entrando sott'acqua la state bagnandomi nel mare, io ho dieci piedi d'acqua sul capo senza che io ne

senta il peso. Ma se io non fossi entro l'acqua, che mi preme da ogni parte, e fossi non dico in vacuo, ma nell'aria, e che dalla mia testa in su vi fosse l'acqua, allora io sentirei un peso ch'io non potrei sostenere che quando avessi forza a lui proporzionata in modo che, ancorchè separando io violentemente le parti superiori dell'acqua dalle inferiori, non vi rimanesse vacuo, ma vi subentrasse aria, ad ogni modo vi vorrebbe forza a separarle, però non infinita ma determinata, e via via maggiore, secondochè la profondità dell'acqua, sotto la quale io fossi, fosse maggiore, la quale, non vi ha dubbio, chi fosse nel fondo detto disopra di diecimila piedi d'acqua, stimerebbe impossibile far detta separazione con qualunque forza, come che egli mai non ne farebbe la prova, e pur si vede che non sarebbe vero che fosse impossibile, ma che l'impedimento gli verrebbe da non aver lui tanta forza da poter fare all'acqua una tal violenza che fosse bastante a superarla.

« Lo stesso mi è avviso che ci avvenga nell'aria, che *siamo nel fondo della sua immensità*, nè sentiamo nè il suo peso, nè la compressione che ci fa da ogni parte, perchè il nostro corpo è stato fatto da Dio di tal qualità che possa resistere benissimo a questa compressione senza sentirne offesa, anzi ci è per avventura necessaria, nè senza di lei si potrebbe stare; onde io credo che, ancorchè non avessimo a respirare, non potremmo stare nel vacuo; ma se fossimo nel vacuo allora si sentirebbe il peso dell'aria che avessimo sopra il capo, il quale io credo grandissimo; perchè ancorchè io stimi che *quanto l'aria è più alta sia sempre più leggiera*, io credo che sia tanta la sua immensità che, per poco che sia il suo peso, conviene che si sentisse quel di tutta quell'aria che ci sta sopra, peso molto grande, ma non infinito, e perciò determinato, e che con forza a lui proporzionata si possa superare, e perciò causarsi il vacuo. *Chi volesse ritrovar questa proporzione converrebbe che si sapesse l'altezza dell'aria e il suo peso in qualunque altezza*. Ma, comunque sia, io veramente lo giudicava tale, che, per causar vacuo, io *credeva che*

vi si richiedesse maggior violenza di quello che può far l'acqua nel canale non più lungo di 80 piedi.

« Avrò noiato V. S. con si lunga diceria, perchè se questa dottrina è vera, so che l'avrà speculata prima; e se contiene paralogismi, bastava ad ogni modo accennargliela in due parole, che subito avrebbe ritrovato l'errore: però la penna mi ha trasportato più oltre di quel che avrei voluto in questa materia ».

Malgrado l'ingegnosa spiegazione immaginata dal Baliani, Galilei rimase fermo nell'errore, ed otto anni dopo stampava (1) nei suoi *discorsi intorno a due nuove scienze* ciò che nel 1630 ne aveva scritto all'amico, senza nemmeno accennare dubitativamente alle idee di Baliani. Queste o non furono divulgate o caddero in dimenticanza.

Alcuni anni dopo si verificò a Firenze un fenomeno che presentava qualche analogia con quello già avvertito dal filosofo genovese: i fontanieri del Granduca dovevano sollevare dell'acqua mediante pompe a grande altezza, a circa quaranta piedi. Qual non fu il loro stupore quando riconobbero che, per quanta fatica facessero, l'acqua non giungeva mai alla altezza voluta? Ella si sollevava bensì nell'interno della pompa per circa trentadue piedi (metri 10,33), ma nulla più. Un distinto discepolo di Galileo, *Evangelista Torricelli* (2), venne a cognizione di questo fatto, e si pro-

(1) *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attenenti alla meccanica ed i movimenti locali*, del Sig. Galileo Galilei Linceo. In Leida 1638, pagine 17-18.

(2) Nato in Faenza il 15 ottobre 1608, studiò in patria nel Collegio de' Gesuiti ed in buonissima ora palesò meravigliosa

pose di trovarne la spiegazione. Egli comprese anzitutto che la spiegazione adottata fino allora, per rendere ragione della ascensione dell'acqua nelle pompe, era erronea completamente. Perchè, diceva egli, la natura che, come si dice, fa salire l'acqua nella

attitudine per le scienze matematiche. Suo zio lo inviò a Roma, ove divenne amico del Castelli prediletto discepolo di Galileo — che gli comunicò i lavori del suo maestro sulle leggi del moto. Torricelli comprese tosto l'importanza e le applicazioni della nuova teoria e non andò guari che pubblicò un trattato notabilissimo *sulla caduta accelerata dei corpi e sulla curva descritta dai projetti.* Per le quali pubblicazioni ebbe posto distinto tra i matematici più illustri di quel tempo, ed entrò in corrispondenza coi più insigni.

Per invito di Castelli ei si recò a Firenze presso Galilei, dal quale ebbe accoglienza paterna. Cooperò per addolcire mediante le sue cure e l'interessante sua conversazione gli ultimi giorni di quel grand'uomo cieco e pieno di malori. Lo perdette in capo a tre mesi e parve che non fosse giunto presso di lui che per vederlo spirare. — Torricelli rimase a Firenze, per desiderio del Granduca, a professare le matematiche; si occupò col massimo ardore dei differenti problemi ché allora esercitavano i matematici; diede la soluzione di quelli che avevano opposto ostacolo insormontabile ai più perspicaci, come il famoso problema *sull' area e sul centro di gravità della cicloide.* Le sue opere stampate sono:

Opera geometrica (Firenze 1644); — *Trattato del vuoto* (ivi 1674); — *Lezioni accademiche* edite da Bonaventuri sotto gli auspicii degli accademici della Crusca (1715); — *Scrittura sopra la bonificazione della Chiana* (nel Tomo IV della *Raccolta* degli scrittori che trattano del moto delle acque, Firenze 1768); — *Racconto* di alcune proposizioni proposte e passate scambievolmente tra i matematici di Francia e me, dall'anno 1640 (in Fabroni *Vitae Italorum*, I, 1778); — *Epistola ad A. P. de Roberval, De Trochoide* (*Anciens*

pompa per l' orrore che ha pel vuoto, non la fa salire anche ad una altezza maggiore di trentadue piedi? Postosi quindi a rintracciare la vera causa del fenomeno, la attribuì giustamente alla pressione dell'aria, che, agendo sulla superficie libera dell' acqua che circonda la pompa, costringe l'acqua a salirvi tosto che la capacità interna della pompa sia stata privata (col movimento alternativo dello stantuffo e delle valvole) di tutta l'aria che prima conteneva. Per verificare l'esattezza del suo ragionamento, Torricelli pensò che, quanto succedeva con l' acqua nella pompa, doveva pure succedere con qualunque altro liquido; pensò pure molto saggiamente che quanto più denso fosse il liquido impiegato nell' esperimento, a tanto minore altezza

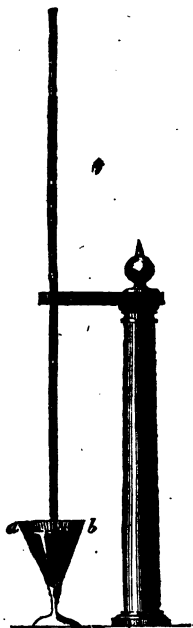



Fig. 54.

Mém. de l'Acad. — Paris, Tom. VI) scritta al Roberval intorno al centro di gravità della parabola e su diversi altr problemi dei quali diede la soluzione. — Le opere di Torricelli sono notabili per concisione, chiarezza, eleganza e buon gusto, merito che sembra èssere stato proprio della scuola di Galileo.

Torricelli morì in Firenze nella ancor verde età di 39 anni il 24 novembre 1647. L'incisione che diamo a pag. 129 riproduce il bel monumento erettogli in Faenza, sua patria, il 17 ottobre 1864.

esso si sarebbe innalzato nel tubo. Egli prese quindi un liquido molto più denso dell'acqua, il mercurio, e ne empì un vaso; prese poscia un lungo tubo di vetro chiuso ad uno dei capi, e riempì esattamente il tubo con mercurio. Poscia, tenendo chiusa col dito l'apertura del tubo, lo capovolse e lo immerse nel vaso contenente il mercurio (fig. 54). Ritirato il dito, il mercurio del tubo discese per un certo tratto e poi rimasé stazionario, mantenendovisi all'altezza di circa ventotto pollici (metri 0,76). Confrontando quindi la densità del mercurio con quella dell'acqua (1), Torricelli si accorse che l'altezza, cui si innalzava il mercurio nel tubo, stava appunto in proporzione coll'altezza cui innalzavasi l'acqua nella pompa; poichè essendo l'acqua circa tredici volte più leggiera del mercurio, una colonna d'acqua alta trentadue piedi doveva esercitare sulla sua base una pressione eguale a quella d'una colonna di mercurio alta circa ventotto pollici (2). Torricelli, con somma sua soddisfazione, riconobbe l' esattezza del suo ragionamento; l' 11 giugno 1644 egli informava il suo amico Michelangiolo Ricci (3) che la forza che in un tubo vuoto fa ascendere l' acqua all' altezza di trentadue piedi ed il mercurio all' altezza di circa ventotto pollici, è unicamente la pressione dell'aria atmosferica. Grazie all' interessante esperienza di Torricelli, il peso e la pressione dell'aria atmosferica furono stabiliti;

(1) La densità del mercurio è 13,6, prendendo per unità quella dell'acqua.

(2) Il pollice è la dodicesima parte di un piede.

(3) *Lezioni accademiche d' Evangelista Torricelli*. Firenze 1715: pag. XXVII a XXXV della prefazione.

e la teoria dell' orrore della natura pel vuoto, assieme alle molte assurde conseguenze che erano state da essa ricavate, fu ben presto e per sempre sbandita. Una gran quantità di fenomeni venne quindi ridotta ad una semplice legge, e l' aria, da quell'istante in poi, fu considerata un corpo come tutti gli altri della natura, soggetto quindi alle stesse leggi che governano tutti i corpi. Grazie alla esperienza di Torricelli, una nuova sorgente di riflessioni fu aperta a coloro che erano capaci di profittarne, e si fece un passo importante nella emancipazione della mente dal giogo dei pregiudizii e di un'autorità stabilita da secoli.

La stima verso Torricelli si aumenta ancora, udendo che la generosità del suo animo giungeva a tal segno, da fargli candidamente deplorare che il merito della scoperta da lui fatta non fosse toccato al suo amato maestro Galileo.

Com' è ben naturale, anco il convincente esperimento di Torricelli trovò da principio varii oppositori, i quali, parte per ignoranza, parte per invidia, mettevano in campo mille assurde obbiezioni.

Nel 1647 Pascal (1), celebre filosofo francese, credeva ancora all'orrore del vuoto, come ne fanno fede le sue *Nouvelles expériences touchant le vide;* però nell' anno seguente incominciò a dubitare: dotato di acutissimo ingegno ei pensò che se la densità dell' aria diminuisce continuamente quanto più alto si sale nell'atmosfera, la pressione, grazie alla quale il mercurio rimane sospeso nell' esperienza di Tor-

(1) Nato a Clermont il 19 giugno 1623, morì il 19 agosto 1662.

ricelli, dev' essere maggiore ai piedi, anzichè in vetta d'un'alta montagna, e ne concluse che, osservando l'altezza a cui si mantiene il mercurio nel tubo, prima alla base e poi alla sommità della montagna, quest' altezza dovrebbe essere tanto maggiore nel primo caso in confronto del secondo, quanto più fosse alta la montagna. Se invece il mercurio ascendesse nel tubo, pel supposto orrore della natura pel vuoto, non variando quest' orrore alle varie altezze, l'altezza della colonna di mercurio dovrebbe essere la stessa sì ai piedi come in vetta della più alta montagna. Lo sperimento concepito da Pascal venne eseguito da un suo parente, Périer, sulla montagna detta Puy-de Dôme (alta 1465 metri), nell'Alvernia, il giorno 20 settembre 1648. La colonna di mercurio si abbassò nel tubo di circa tre pollici, questo abbassamento rese quindi manifesto che il mercurio è realmente sostenuto nel tubo dal peso dell' atmosfera, perchè, diminuendo la pressione che questa esercita, diminuisce pure l' altezza della colonna di mercurio. Per tal guisa i ragionamenti di Baliani, di Torricelli e di Pascal ebbero una splendida conferma. Dopo un'esperienza tanto concludente, tutti gli oppositori ammutolirono e rimasero convinti della verità delle conclusioni dei discepoli di Galileo.

Premesse queste notizie, passiamo a darvi l'esatta descrizione del barometro.

II.

Barometro a vaschetta. — La camera, il vuoto, l'altezza barometrica. — Variazioni regolari e accidentali. — Barometri a vaschetta, a sifone, a quadrante. — Pascal e Hooke. — La pioggia ed il bel tempo. — Influenza delle altitudini. — Costruzione dei barometri. — Le previsioni meteorologiche. — Speranze per l'avvenire. — Misura dell'altezza delle montagne e della tensione dei gas. — Barometri senza mercurio o aneroidi.

Come abbiam detto, la costruzione dei barometri si fonda sulla esperienza di Torricelli. Senza variare il loro principio, variano sì la loro forma, come la loro disposizione. Secondo queste variazioni, si hanno i *barometri a vaschetta*, quelli *a sifone*, quelli *a quadrante*, ed alcuni altri meno usati.

Volete costruire un *barometro a vaschetta?* Prendete un tubo cilindrico di vetro, lungo circa ottantacinque centimetri, del diametro interno di cinque a sei millimetri, aperto all'uno dei capi e chiuso all'altro; versatevi lentamente del mercurio, e quando il tubo ne sia ripieno circa a metà, esponetelo al fuoco d'un bragiere. In poco d'ora il liquido metallo è bello e riscaldato ed entra in ebollizione; i vapori mercuriali, sollevandosi e gorgogliando, scacciano dal tubo quel po' d'aria e d'umidità che fosse rimasta aderente alle sue pareti interne. Adesso poi lasciatelo raffreddare, indi vi verserete nuovo mercurio fino a riempierne il tubo completamente; poscia abbiate pazienza di riscaldarlo da capo per la stessa ragione di scacciarne ogni resto d'aria e di umidità.

Non avete più che a chiudere con un dito la bocca del tubo, immergere il tubo capovolto in una vaschetta ripiena di mercurio purissimo (fig. 55), ed il vostro barometro è fatto (fig. 56). Siccome il tubo non contiene più la menoma particella d'aria, così il mercurio, rimasto padrone assoluto del campo, discende per breve tratto, e quindi si mantiene nel tubo ad una certa altezza.

La porzione superiore del tubo, priva di mercurio, chiamasi *camera barometrica;* e lo spazio vuoto, racchiuso dalla stessa, dicesi *vuoto barometrico*, o *vuoto Torricelliano*, in memoria del grande inventore del barometro.

Onde riconoscere se la camera barometrica è del tutto vuota, si inclina lentamente il tubo. Se il suono che si fa udire è secco e metallico, siete certi che la camera è vuota; se invece quel suono è cupo, vuol dire che la camera contiene aria od umidità, e lo stromento non è buono.

Vi ho detto prima che il barometro è fatto, non è però costruito: a compierne la costruzione, dirò così meccanica, vuolsi fissare, tanto il tubo quanto la vaschetta, sur una tavoletta di legno, munita nella sua parte superiore d'una scala esattamente divisa di millimetro in millimetro. L'ufficio di questa scala consiste nell'indicare l'elevazione della colonna di mercurio nell'interno del tubo, a partire dal piede della colonna istessa, ossia dal livello del mercurio nella vaschetta. L'altezza di tale colonna dicesi solitamente *altezza barometrica.*

Questa altezza barometrica è soggetta a variazioni anche in uno stesso sito: il che prova che la pressione atmosferica, anche in un dato luogo, non è sem-

pre la stessa. Quando la pressione atmosferica diminuisce, diminuisce pure, per quanto abbiamo già detto, anche l'altezza del barometro, e viceversa; perciò

Fig. 55.

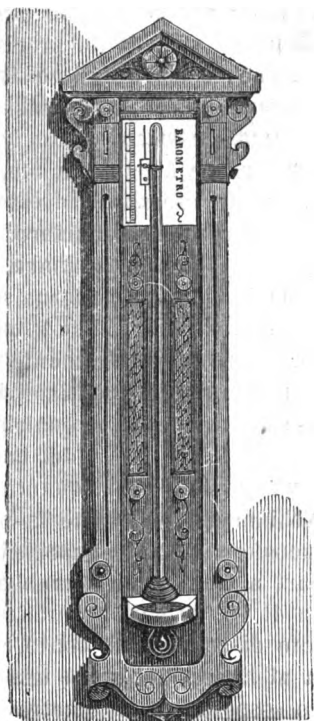



Fig. 56. Barometro a vaschetta.

il barometro potrà farci conoscere ad ogni istante quale sia in un luogo determinato la pressione atmosferica.

Alcune delle variazioni, cui va soggetta la colonna barometrica, si presentano quasi periodicamente ogni

giorno con certa regolarità, e perciò appunto sono dette *variazioni regolari:* altre, specialmente nei nostri climi, si manifestano irregolarmente, e però sono chiamate *variazioni accidentali.*

Le prime sono tanto precise nelle regioni equatoriali, che, come asserisce il celebre Humboldt, un barometro vi può fare quasi le veci d'un orologio.

Chiamasi *altezza media barometrica* l'altezza che si otterrebbe facendo la media fra un gran numero di altezze osservate, dividendo cioè la somma di queste per il loro numero. L' altezza media barometrica, al livello del mare, è di circa ventotto pollici, od in misura moderna settantasei centimetri. Le variazioni accidentali possono sollevare o deprimere il mercurio rispettivamente fino ai settantotto e fin ai settantaquattro centimetri.

Nei luoghi posti a qualche altezza sul livello del mare, l'altezza media del barometro è minore; essa diminuisce tanto più, quanto più in alto si sale.

Abbiam già detto che la pressione esercitata dall'atmosfera sopra la superficie di un metro quadrato è pari a quella che verrebbe esercitata dall' ingente peso di 10,330 chilogrammi; ora siamo giunti al momento di rendercene conto. Siccome l'atmosfera esercita al livello del mare una pressione capace di tenere sospesa nel barometro una colonna di mercurio alta in media settantasei centimetri, così si comprende facilmente che ogni parte della superficie terrestre, al livello del mare, è premuta dall'aria tanto, quanto lo sarebbe da una colonna di mercurio che coprisse quella parte e fosse alta settantasei centimetri. Ora una colonna di mercurio che ha per base un centimetro quadrato ed è alta settantasei centimetri, pesa

un chilogramma e 33 grammi; il peso adunque della colonna di mercurio alta settantasei centimetri, che, gravitando sopra una base avente la superficie d'un

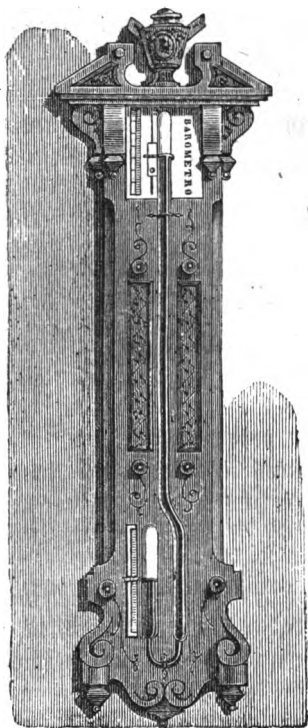



Fig. 57. Fig. 58. Barometro a sifone.

metro quadrato (diecimila centimetri quadrati), vi esercita una pressione identica a quella dell' atmosfera, sarà diecimila volte maggiore e quindi pari a quella di 10,330 chilogrammi.

Nel barometro a vaschetta si legge l'altezza della colonna barometrica, osservando in faccia a quale fra le divisioni segnate sulla scala fissa si trovi la sommità della colonna di mercurio. In questo sistema però trovi un inconveniente: quando, all'aumentare della pressione atmosferica, il liquido metallo si innalza nel tubo, il livello del mercurio si abbassa contemporaneamente nella vaschetta.

Lo zero della scala, ossia il punto da cui si incomincia a contare l'altezza del mercurio, non si trova più al suo giusto posto, che sarebbe precisamente al piede della colonna barometrica; poichè, mentre lo zero è rimasto immobile, il piede della colonna si è abbassato; quindi lo zero si trova alquanto più in alto del punto in cui dovrebbe essere realmente.

Il *barometro a sifone*, ideato da Pascal, va esente da questo inconveniente.

Esso è formato da un tubo di vetro ricurvo, a due rami di lunghezza ineguale (fig. 57). Il maggiore è lungo circa novanta centimetri, il minore poco più di dieci, con un diametro alquanto più ampio del ramo maggiore.

Il primo è chiuso, il secondo è aperto. Dopo estrattane tutta l'aria e l'umidità, vi si introduce il mercurio; questo però non riempie completamente il ramo più lungo, discende un certo tratto, e poi rimane stazionario; poichè per effetto della pressione atmosferica — che agisce sull'estremità aperta del ramo più corto, che fa l'ufficio di vaschetta — rimane sospesa una colonna di mercurio, alta in media settantasei centimetri. Tale altezza risulta dalla differenza d'elevazione fra il livello del mercurio nei due rami; risulta cioè dalla differenza fra l'altezza

m c e l' altezza *m b*: è quindi eguale all' altezza *a c*.

Per leggere comodamente quale sia l' altezza barometrica, con lo strumento di cui stiamo parlando, si colloca il tubo sopra una tavoletta verticale di legno (fig. 58), munita di due scale divise di millimetro in millimetro, collocate in vicinanza dei punti *b* e *c*: la differenza fra i numeri che stanno in faccia al livello del mercurio in ciascheduno dei due rami, dà l'altezza barometrica, cioè la pressione dell' aria espressa in millimetri.

Per ultimo, il *barometro a quadrante* (fig. 59), immaginato dal fisico inglese Roberto Hooke nella seconda metà del XVII secolo, è un barometro a sifone, nel cui tubo più corto galleggia un pezzetto di ferro.

Come? un pezzo di ferro che galleggia in un liquido? Non stralunate gli occhi: è bensì vero che il ferro, immerso nell' acqua, affonda quasi istantaneamente, perchè il ferro è più denso dell' acqua; ma esso galleggia nel mercurio, per la stessa ragione che fa galleggiare il legno sull' acqua, cioè perchè il ferro è molto meno denso del mercurio (1).

Dunque quel pezzo di ferro pende dall' estremità di un filo, che dopo essersi avvolto intorno ad una carrucola, discende e rimane teso da un pesetto che gli fa contrappeso. Su questa carrucola è fissata una lancetta, che, muovendosi, può successivamente percorrere, come la lancetta di un oriuolo, tutti i punti di

(1) La densità del ferro è di circa 7,7, mentre quella del mercurio è di 13,6; sempre prendendo per unità la densità dell' acqua.

un quadrante o cerchio graduato. In corrispondenza alle varie graduazioni, stanno scritti il *variabile*, la *pioggia*, il *bel tempo*, ecc. Quando la colonna baro-

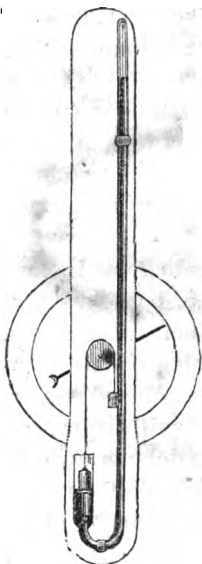



Fig. 59. Barometro a quadrante.

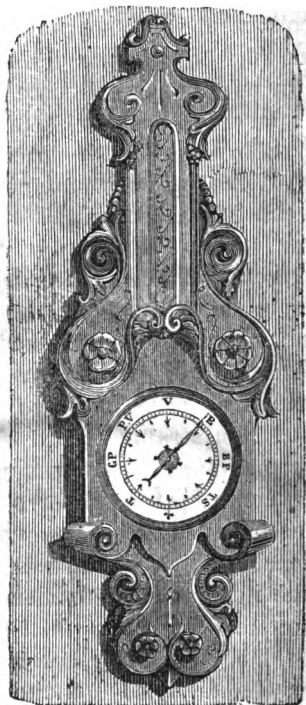



Fig. 60. Barometro a quadrante veduto di fronte.

metrica, per effetto dell' aumentata pressione atmosferica, ascende nel tubo, il livello del mercurio deve necessariamente abbassarsi nel ramo più corto; allora si abbassa pure il galleggiante, questi

trae necessariamente dietro a sè il filo cui esso è appeso; il filo, muovendosi, fa girare la carrucola intorno alla quale è avvolto, e così la lancetta si muove da sinistra verso destra. Quando all'incontro, al diminuire della pressione atmosferica, la colonna barometrica si deprime, il mercurio sale nel ramo più corto e con esso il galleggiante; allora, per effetto del contrappeso che gli fa equilibrio, muovonsi la carrucola e la lancetta in direzione opposta alla precedente, e quindi da destra verso sinistra.

E così le variazioni della pressione atmosferica sono rivelate dalla lancetta che scorre sul cerchio graduato. Le singole indicazioni presso le quali si ferma la lancetta dovrebbero rispettivamente corrispondere, ove lo strumento fosse esattamente costruito, alle singole altezze cui solitamente giunge il barometro nei varii stati dell'atmosfera. È ben raro però che tale condizione si trovi soddisfatta nei barometri che sono in commercio.

La fig. 60 rappresenta un barometro a quadrante, quale è in uso negli appartamenti eleganti, ove è più un ornamento che uno strumento scientifico. Il tubo di vetro ed il piccolo meccanismo che muove la lancetta, sono nascosti dai fregi del legno, e sole cose in vista sono il quadrante e la lancetta che vi scorre sopra.

— Tutte queste cose sono belle e buone, ci sentiamo già dire; ma quel che preme a noi è di sapere se le indicazioni del barometro sono poi giuste sempre, se possiamo fidarci del suo *bel tempo* e della sua *pioggia*. — Sempre, no, signore mie; e ci spiace non potervi promettere che il barometro vi indicherà se dovete uscire coll'ombrello o coll'ombrellino. In

generale però, quando l' aria è molto secca, quando l'atmosfera è purissima, la colonna barometrica si mantiene alta, e all' incontro, all' avvicinarsi della pioggia, quando cioè l'atmosfera è pregna di umidità, la colonna barometrica si abbassa. In base a tale conclusione confermata spessissimo, ma, ripetiamo, non sempre dall' esperienza, sono segnate le indicazioni dei barometri che ornano le nostre sale. Diciamo che non sempre il variare della colonna barometrica fornisce sicuri indizi onde pronosticare il tempo, poichè in quelle variazioni hanno troppa parte i venti e varie altre cause, alcune delle quali sono fino ad ora ignote.

E badate che un barometro anco ben costrutto, e le cui indicazioni concordino il più delle volte coi fenomeni atmosferici, può diventare pessimo trasportandolo in altro paese; poichè non è a credersi che una stessa altezza nella colonna barometrica corrisponda nei varii paesi agli stessi fenomeni. Questi riescono notevolmente modificati nei singoli paesi dalle particolari condizioni del luogo e specialmente dalla sua altitudine (ossia dalla elevazione del luogo sul livello del mare), ed inoltre dalla posizione geografica e dal clima del luogo.

L' influenza dell' altitudine è delle più manifeste; basta innalzarsi con un barometro — salendo, ad esempio, sul fianco d' una montagna — per convincersi che ad ogni dieci metri e mezzo all' incirca di salita verticale (1), la colonna barometrica si ab-

(1) Questa proporzione non è costante, poichè salendo si incontrano strati d'aria sempre più leggieri; perciò l'abbassamento d' un millimetro nella colonna barometrica cor-

bassa d'un millimetro. Ecco dunque che, trasportando un barometro costrutto al livello del mare — ove l'altezza media barometrica è di 760 millimetri — in luogo poco discosto, ma alto duecento metri, ad esempio, sul livello del mare, l' altezza media della colonna barometrica sarà ridotta a 740 millìmetri (1). Ora il costruttore ha scritto *variabile* di fianco all'altezza di 760 millimetri, e *pioggia* di fianco a quella di 740, poichè generalmente questo risultato concorda con le osservazioni fatte al livello del mare. Ma quel barometro portato sulla collina darà indicazioni costantemente fallaci: segnerà *variabile* — o, per meglio dire, si fermerà all'altezza di 740 millimetri —

risponde ad altezze gradatamente maggiori. In base a replicate sperienze si potè riconoscere che:

a 300 metri d'altezza dal livello del mare, la colonna barometrica misura					735 millim.
400	»	»	»	»	727 »
500	»	»	»	»	718 »
1000	»	»	»	»	675 »
1500	»	»	»	»	636 »

(1) La media altezza barometrica al livello del mare è sensibilmente la stessa nei luoghi situati alla stessa latitudine, varia però al variare di questa. Dalle esperienze fino ad ora raccolte si può concludere che all' equatore l'altezza media barometrica è di 758 millimetri, aumenta a 10 di latitudine boreale e fra i 30° e 40° tocca il suo massimo, giungendo da millim. 762 a 774; poscia diminuisce col crescere della latitudine, a 50° essa misura 760 millimetri. Inoltrandosi ulteriormente verso il polo, l' altezza media scende gradatamente fino a 756 millimetri, però al di là di 70° sembra verificarsi un nuovo incremento, trovandosi millimetri 758 presso alla latitudine di 75°.

quando il tempo sarà bellissimo; segnerà *pioggia*, quando il cielo sarà appena coperto di nubi: segnerà *tempesta* ogni qual volta cadrà un po' di pioggia.

Queste inesattezze si renderebbero ancor più manifeste, portando il barometro in luogo posto a maggiore altezza sul livello del mare; e si verificherebbero del pari, ma inversamente, portando al livello del mare un barometro fabbricato in relazione alla pressione atmosferica d'un luogo posto sopra un'altura.

Se dunque il barometro non corrisponde allo stato del cielo, non incolpatene nè lo strumento, nè il costruttore, ma bensì voi stessi, che adoperate, senza rendervene conto, uno strumento che sarebbe utilissimo nel luogo in cui fu costrutto (1), e che del pari potrebbe fornire utili indicazioni anche altrove, semprecchè fosse opportunamente regolato.

(1) Le variazioni barometriche accidentali hanno stretta relazione colla direzione dei venti. In Europa le massime altezze barometriche si verificano coi venti di tramontana o di greco, e le altezze minime coi venti di ostro o di libeccio. Invece agli Stati Uniti nell'America settentrionale ed a Pechino, in Cina, le maggiori altezze barometriche si verificano col vento di maestrale e le minori quando soffia vento di scirocco; al Paraguay, nell'America meridionale, il barometro è alto coi venti di libeccio e d'ostro, e basso con quelli di tramontana e di greco. In generale il barometro riesce alto coi venti provenienti da regioni fredde e continentali, e basso invece con quelli spiranti da regioni calde e marittime: od, in altre parole, l'aria fredda e contenente poco vapore acqueo fa alzare il barometro, l'aria calda, contenente molto vapore, lo fa abbassare.

Per la gran valle del Po, accerchiata a settentrione ed a

Ed ora vi diremo in qual maniera potreste regolarlo. Se in paese c'è un barometro, le cui indicazioni corrispondano generalmente alle vicende atmosferiche, portatelo di fianco al vostro, e spostate su questo i vocaboli *bello*, *variabile* e *pioggia*, portandoli in faccia ai punti cui si arresterà la vostra colonna barometrica, quando il barometro-campione segnerà successivamente il bello, il variabile o la pioggia.

In mancanza d'un barometro-campione, si osservi l'altezza barometrica due o tre volte al giorno, possibilmente alle stesse ore, pel corso di quindici giorni e meglio ancora d'un mese; sommando poi tutte queste altezze, e dividendo tal somma pel numero delle osservazioni, si avrà — approssimativamente — la media altezza barometrica del luogo. Se la media risulta, ad esempio, di 748 millimetri, si porterà il *variabile* di fronte alla divisione segnata 748, e si sposteranno d'altrettanto le indicazioni *bello*, *pioggia*, *tempesta;* avrete così trasformato il vostro barometro in uno strumento, che potrà fornirvi molte volte dei pronostici abbastanza soddisfacenti sulle vicende atmosferiche. Molte volte, ma non sempre, poichè la scienza meteorologica è ancor bambina e non ha ancor raccolta quella larga messe di osservazioni che pur sarebbero necessarie per ricavarne con ogni certezza i pronostici atmosferici.

ponente dalle alte e gelide catene delle Alpi ed a mezzodì dagli Apennini, aperta però a levante verso l'Adriatico, sono apportatori di umidità e di pioggie i venti di levante, mentre v'arrecano asciutto e sereno i venti di ponente e di tramontana.

Ciononpertanto le osservazioni barometriche, diligentemente eseguite pel corso di molti anni, accuratamente registrate, saviamente discusse e paragonate ai fenomeni atmosferici, frutteranno molto alla scienza ed all'umanità tutta quanta. Già adesso i principali gabinetti meteorologici d'Europa, corrispondenti giornalmente fra loro mediante il rapidissimo veicolo dell'elettricità, sono in grado di prevedere l'approssimarsi di alcune burrasche; e l'abile nocchiero, avvertitone in tempo, può, grazie alle osservazioni barometriche fatte a molte miglia di distanza, salvare da certa morte le vite e le sostanze a lui affidate.

Le osservazioni eseguite nelle prime ore del mattino nelle singole stazioni meteorologiche vengono tosto trasmesse telegraficamente all'ufficio Meteorologico Centrale, ove vengono raccolte e registrate nel modo seguente sopra una carta geografica d'Europa opportunamente predisposta. Lo stato del cielo in ciascuna stazione è indicato da un cerchietto, nero quando piove, bianco quando il cielo è sereno, contenente un punto centrale quando è piovoso, ovvero con contorno più grosso quando è tutto coperto da nubi (fig. 61). Di fianco al cerchietto si trascrive l'altezza barometrica corrispondente, ommettendo, per brevità, la cifra 7. La direzione del vento è indicata da una lineetta che si stacca dal cerchietto dalla parte d'onde il vento spira, la sua intensità è rappresentata da appendici laterali; sei di queste indicano vento violentissimo; cinque, vento molto forte, e così gradatamente; una sola indica debole venticello: quando l'aria è calma non si segna alcuna appendice. Lo stato del mare lungo le coste si indica coi numeri

da 1 a 9; l'unità rappresenta leggera increspazione delle onde marine, il 9 è riservato per indicare fiera burrasca, i numeri intermedi segnano, come ben si comprende, agitazione gradatamente crescente. Ciò fatto, si congiungono con linee continue tutti i punti, la cui pressione barometrica diversifica di meno di cinque millimetri. Confrontando poi la carta così tracciata con le carte consimili dei giorni antecedenti, si pronostica quale potrà essere nel giorno successivo la direzione e l'intensità delle correnti aeree, lo stato del cielo e quello del mare nelle singole regioni contemplate. Beninteso che tali pronostici non possono essere formulati in base al solo confronto testè indicato, ma è pur mestieri conoscere, mercè precedenti osservazioni, quale andamento seguono nelle varie località i più importanti fenomeni meteorologici. I pronostici così ricavati vengono comunicati telegraficamente ai porti di mare ed alle città più importanti.

Quando le nazioni tutte quante, in luogo di cercare ognora nuovi e più potenti mezzi di distruzione, non avranno in mira altro scopo che il bene dell'umanità; quando le scienze troveranno maggiore appoggio da parte dei Governi e da parte dei privati; una rete di fili telegrafici congiungerà fra loro tutte le stazioni meteorologiche della Terra, la meteorologia giungerà in possesso di dati preziosissimi che permetteranno di formulare pronostici ognor più esatti e completi: allora tutte le popolazioni conosceranno in tempo opportuno l'approssimarsi dei grandi sconvolgimenti atmosferici, e potranno premunirsi in tempo contro i loro disastrosi effetti.

Tuttavia badate bene che non è unico ufficio del

barometro il dare indizii sui fenomeni atmosferici. La idea che esso non giovi che a segnare il bel tempo e la pioggia, e il vederne — specialmente dai molti che non sanno adoperarlo — gli errori frequenti, ha

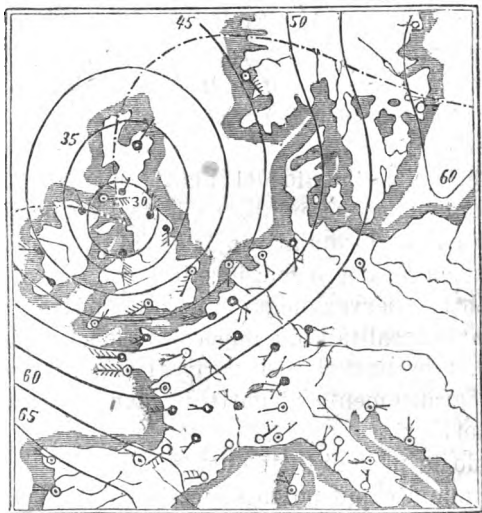



Fig. 61. Carta meteorologica.

condannato il barometro ad una specie di derisione popolare. Il pronostico dei fenomeni atmosferici non è che un' applicazione, e non la più importante, del barometro, il cui ufficio proprio è di indicare ad ogni istante la pressione, ossia il peso dell'aria, di rivelare a colpo d'occhio le continue modificazioni che si producono nella pressione atmosferica. Perciò esso è un istrumento indispensabile ai fisici per valutare le variazioni nella forza espansiva dei gas, quando

questi cambiano di densità o di temperatura; così, per esempio, il barometro — posto sotto alla campana della macchina pneumatica — indica, col suo progressivo abbassamento, il grado di rarefazione che si ottiene nella campana.

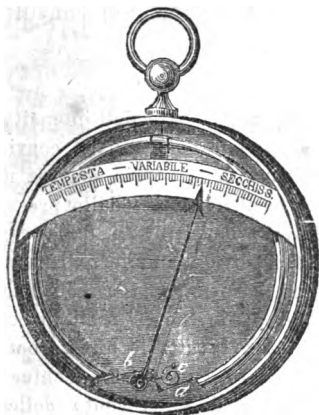



Fig. 62. Barometro aneroide.

Il *manometro*, che conoscerete forse di nome, è uno strumento derivato dal barometro; esso presta importanti servigi a molte industrie, poichè serve a misurare la varia densità, e quindi la forza d'espansione dei gas e dei vapori.

L'ingegnere che vuol conoscere speditamente, senza eseguire lunghe e faticose misurazioni, l'altezza d'una montagna, ricorre anch'esso al barometro, poichè, come abbiamo già detto, la colonna barometrica discende quanto più in alto si porta lo strumento; ecco dunque che, tenendo calcolo della discesa della

colonna barometrica, o meglio ancora misurando *simultaneamente* l'altezza di questa colonna in luoghi posti à diversa altitudine, si può misurare esattamente (1) l'altezza dei varii luoghi sul livello dei mari. — Del pari l'aereonauta, che si libra col suo pallone nell'atmosfera, non può conoscere a quale altezza ei si trovi se non che consultando il barometro.

(1) Per rendersi esatto conto dell'intensità della pressione atmosferica in un luogo determinato convien riflettere che l'altezza della colonna di mercurio sospesa nel tubo barometrico non dipende esclusivamente dalla pressione atmosferica, ma ben anco dalla temperatura e dalla capillarità. — Per rendere fra loro comparabili le altezze barometriche ottenute sia con uno stesso barometro, sia con barometri diversi, nello stesso luogo od in luoghi posti in condizioni diverse, si convenne di ricondurre tutte le altezze barometriche a quel valore che avrebbero se il mercurio racchiuso nel tubo avesse la temperatura di 0°, e di tener conto della diminuzione di altezza dipendente dalla capillarità.

Le variazioni di temperatura influiscono tanto sul mercurio contenuto nel tubo, quanto sulla scala graduata, che generalmente è d'ottone, collocata di fianco alla sommità della colonna barometrica. Ora la dilatazione cubica del mercurio, per ogni grado centigrado, è 0.00018; perciò se la colonna barometrica fosse, per esempio, alta esattamente un metro quando la temperatura è di 0°, aumentando d'un grado la temperatura e pur rimanendo costante la pressione atmosferica, il barometro segnerebbe $1^m.00018$; se la temperatura fosse di 3° C, il barometro segnerebbe $1^m.00054$; segnerebbe invece $0^m.99892$, se la temperatura si abbassasse a — 6° C. D'altra parte la dilatazione lineare dell'ottone è 0,00002 e quindi, se la scala fu graduata esattamente di millimetro in millimetro quando il termometro segnava 0°, le distanze

A completare questi cenni sul barometro, aggiungeremo che al presente se ne costruiscono senza mercurio. Questi barometri, che diconsi *aneroidi*, sono fondati sul seguente principio di fisica: quando un tubo a pareti flessibili, ermeticamente chiuso e vuoto nel suo interno, è disposto in curva, ogni aumento di pressione sulle sue pareti esterne lo fa in-

fra due divisioni successive — quando la temperatura aumenta o diminuisce — non rimangono esattamente di un millimetro, ma divengono un pochino più grandi d'un millimetro nel primo caso ed un pochino meno nel secondo; quindi l'errore dipendente dalla temperatura risulta di 0,00016 dell'altezza osservata, per ciascun grado al disopra od al disotto dello zero del termometro. Detta quindi A l'altezza barometrica quando la temperatura è di t gradi centigradi, ed indicando con x l'altezza che avrebbe la colonna barometrica se il termometro segnasse zero, pur rimanendo invariata la pressione atmosferica, sarà

$$x = A(1 - 0{,}00016\,t) \quad \text{ovvero} \quad x = A(1 + 0{,}00016\,t)$$

a seconda che t indica una temperatura superiore od inferiore allo zero.

La capillarità riesce tanto più sensibile, quanto più piccolo è il diametro interno del tubo; essa deprime la colonna barometrica ed obbliga la sommità della colonna di mercurio ad assumere forma convessa più o meno rigonfia a seconda che la pressione atmosferica tende ad aumentare od a diminuire. I barometri che devono servire ad osservazioni molto accurate sono costrutti in modo che si può rilevare esattamente la freccia del menisco convesso; nota questa freccia ed il diametro interno del tubo, si ricorre ad una tavola espressamente calcolata dai fisici, la quale stabilisce l'aggiunta che convien attribuire all'altezza barometrica osservata per correggere l'influenza della capillarità.

curvare sempre più; mentre invece ogni diminuzione di pressione sulle pareti esterne permette lo sviluppo della sua naturale elasticità e tende a farlo raddrizzare. La fig. 62 vi rappresenta uno di questi barometri. La parte essenziale ne è il tubo metallico flessibile, disposto circolarmente; esso è fissato nel suo mezzo sopra un disco di legno o di metallo, munito d'un arco di cerchio graduato, sul quale leggonsi le solite indicazioni dei barometri. Da ciascuna delle due estremità *a* e *b* del tubo parte un filo metallico, fissato al braccio d'una leva munita d'una lancetta. Per tale disposizione di cose, ogni qualvolta la pressione atmosferica diminuisce, i due capi del tubo (che in tal caso tende a raddrizzarsi come abbiam detto or ora) si allontanano l'uno dall'altro, stirano il filo, e quindi la leva e la lancetta si muovono; l'estremità di quest'ultima si muove da sinistra verso destra lungo l'arco di cerchio graduato. Quando all'incontro la pressione atmosferica aumenta, i due capi del tubo si ravvicinano, il filo metallico non è più teso, e la lancetta si muove in direzione opposta per l'effetto d'una piccola molla a spirale *c*, opportunamente collocata. Le graduazioni sull'arco di cerchio si fanno paragonando i movimenti della lancetta con le indicazioni fornite da un buon barometro a mercurio.

Il barometro aneroide è comodissimo, poichè occupa poco spazio, può essere facilmente trasportato anche in viaggio, ed ha il pregio di essere sensibilissimo alle più piccole variazioni nella pressione atmosferica.

LA MACCHINA PNEUMATICA
E LA MACCHINA DI COMPRESSIONE

Perseveranti tentativi di Ottone di Guericke. — La macchina pneumatica. — Esperienze nell'aria rarefatta. — La macchina di compressione. — Le acque gasose ed i vini spumanti. — I fucili a vento.

L'ingegnosa esperienza d' Evangelista Torricelli, mentre valse a bandire per sempre l'erronea credenza dell'*orrore pel vuoto,* rese manifesta, in pari tempo, l'enorme pressione che l'aria atmosferica esercita sopra tutti i corpi da essa circondati. La cognizione di questo fatto fece sorgere la curiosità negli studiosi di indagare in qual modo si comporterebbero i corpi quando la pressione atmosferica scemasse o scomparisse completamente.

Primi ad occuparsi di queste ricerche furono i fiorentini accademici del Cimento. Non conoscendo alcun altro modo per ottenere uno spazio vuoto, si servirono, nelle loro esperienze, del vuoto torricelliano, ossia di quel vuoto che, come abbiamo detto, rimane nella sommità del tubo barometrico. Costrussero espressamente dei tubi colla camera barometrica relativamente molto ampia. Ma anche per tal modo non potevansi eseguire che ben poche esperienze; i cultori delle scienze fisiche sentivano perciò il bisogno di possedere un apparecchio, mediante il quale fosse possibile rendere vuote delle capacità ben mag-

giori d'una camera barometrica, un apparecchio mercè il quale fosse possibile l'estendere il campo delle loro ricerche.

Quel celebre fisico, Ottone di Guericke, che abbiamo già nominato, borgomastro di Magdeburgo e consigliere dell' elettore Federico, ha il merito di aver combinato l'apparecchio, noto sotto il nome di *macchina pneumatica.*

Per ottenere uno spazio completamente vuoto d'aria, il fisico di Magdeburgo prese una botte piena d' acqua, perfettamente chiusa in ogni parte; ed applicata una pompa ad uno dei fondi della botte, incominciò a cavarne l'acqua. Ma non era ancora estratta tutta l'acqua quando la botte si sfasciò, le doghe cedettero alla spinta della pressione atmosferica che agiva solamente sull'esterno della botte, mentre nell'interno tutto lo spazio vuotato d'acqua era rimasto completamente vuoto. Il fisico non si perdette d' animo, si rese conto del fenomeno e credette rimediare all'inconveniente manifestatosi, armando la botte con robusti cerchi di ferro; indi tornò ad applicarvi la pompa onde vuotar d' acqua quella botte. La botte non si sfasciò, ma a grado a grado che l'acqua veniva estratta dalla pompa, l' aria — spinta dall' esterna pressione atmosferica — penetrava nella botte, facendosi strada attraverso ai pori del legno. Era dunque mestieri trovare altro espediente.

Il perseverante inventore prese allora una botticella piena d'acqua, e la introdusse in una botte del pari piena d'acqua; adattò il tubo della pompa ad un orificio praticato nel fondo della botticella, e fece passare, a tenuta d'acqua, quel tubo traverso al fondo della botte. Ciò fatto, incominciò a manovrare la

pompa: ma anche questo tentativo rimase vano, perchè, estratta l' acqua dalla botticella, l'acqua circostante — contenuta nella botte — spinta dalla pressione atmosferica, traversò il legno della botticella e penetrò in essa goccia a goccia.

Riconosciuta per tal modo l' insufficienza dei vasi di legno per ottenere uno spazio vuoto, Ottone di Guericke si rivolse ai vasi di metallo. Preparata una sfera cava di rame, praticò — nella parete della sfera — un foro destinato a ricevere il tubo d'una pompa. In quest' esperienza ei non si prese la briga di riempire d'acqua la sfera, calcolando che la pompa avrebbe aspirata l'aria come aspirava l'acqua. Questa sua previsione si verificò.

Nei primi istanti la pompa funzionava con l' ordinaria facilità, ma a misura che estraevasi l'aria dalla sfera, lo sforzo necessario a sollevare lo stantuffo diventava ognor più rilevante; a mala pena bastavano a quest' impresa due uomini robustissimi. — Questi sforzi perseveranti furono coronati da lieto successo, Ottone di Guericke potè finalmente disporre di una capacità vuota, e quindi gli fu possibile istituire una serie d' interessanti esperienze; dimostrò materialmente il peso dell'aria, pesando un vaso dopo averlo vuotato d'aria mercè la sua macchina, e pesandolo di bel nuovo dopo avervi lasciata rientrare l'aria. Tenendo calcolo della pressione atmosferica e dell' elasticità dell' aria, potè rendersi ragione di moltissimi fatti rimasti inesplicabili fino allora; mise, ad esempio, fuor di dubbio l'influenza dell'aria nella propagazione dei suoni, nella combustione, nella respirazione e nella vita degli animali. Rese poi manifesta ai più increduli l'enorme forza della pressione atmo-

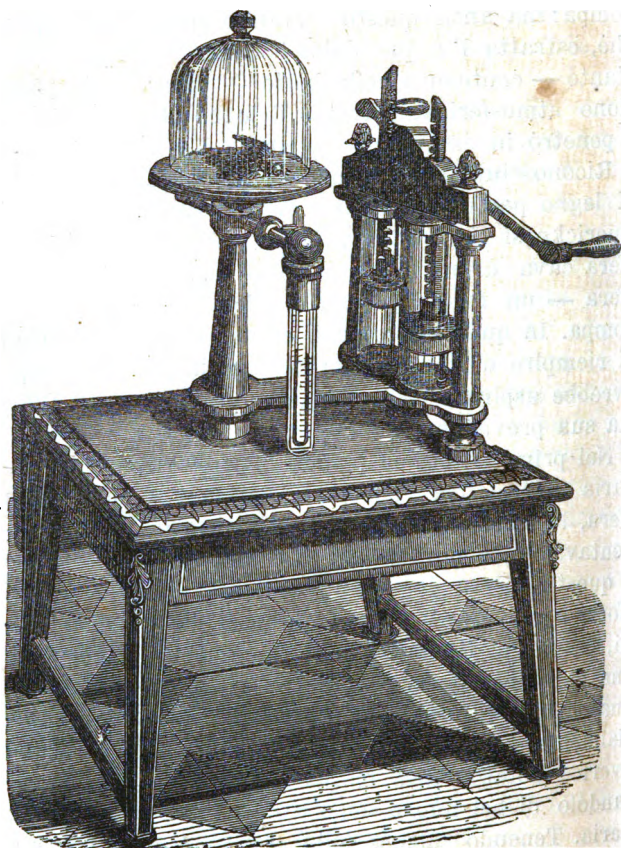



Fig. 63. Macchina pneumatica a due cilindri.

sferica, ideando ed eseguèndo l' esperimento degli *emisferi cavi*, da noi descritto nell' articolo precedente.

Ritornando ora alla macchina pneumatica, vorrete

rendervi conto della grande fatica che, come abbiam detto, dovevano esercitare i manovratori della pompa. Eccone il motivo. Di mano in mano che la pompa estrae l'aria dal recipiente cavo, l'aria che ancor vi rimane si espande ed occupa tutto il recipiente. Quest'aria non ha più la stessa densità dell'aria atmosferica, ma una densità tanto minore, quanto più grande è la quantità d'aria già estratta. Ecco dunque che lo stantuffo della pompa trovasi premuto inegualmente: sulla sua faccia esterna è premuto dall'aria atmosferica (e quindi da chilogrammi 1. 033 per ciascun centimetro quadrato della sua superficie), mentre sulla faccia interna è premuto tanto meno quanto più è rarefatta l'aria che ancor rimane nel recipiente. Perciò nella corsa ascensionale dello stantuffo convien vincere la differenza fra queste due pressioni (1), mentre, nel moto inverso, questa stessa differenza di pressione spinge lo stantuffo verso il recipiente.

Per rimediare a questo inconveniente si costruirono macchine pneumatiche a due cilindri disposti per modo che, mentre sale lo stantuffo contenuto nell'uno di essi, lo stantuffo contenuto nell'altro di-

(1) Se l'aria rimasta nel recipiente è un decimo di quella contenutavi quando comunicava liberamente coll'atmosfera, ciascun centimetro quadrato della superficie dello stantuffo sarà premuto dall'interno verso l'esterno in ragione di chilogrammi 0. 103, mentre l'aria esterna lo preme, nella direzione opposta, in ragione di chilog. 1. 033; per muovere in tal caso lo stantuffo converrà esercitare uno sforzo pari a quello di chilogrammi 0. 930 per ciascun centimetro quadrato di superficie dello stantuffo; per uno stantuffo di soli dieci centimetri di diametro, questo sforzo dovrebbe essere di chilogrammi 73. 04.

scende. La pressione atmosferica, che contrasta la salita del primo stantuffo, agevola la discesa del secondo, e così la manovella, che muove ad un tempo entrambi gli stantuffi, può essere manovrata con poca fatica.

La figura 63 rappresenta la macchina pneumatica nella sua forma più comune. Onde rendere visibili i fenomeni che voglionsi produrre nel vuoto, si è sostituita una campana di vetro agli originarii vasi di metallo. Questa campana appoggiasi sopra un piatto forato nel mezzo. Per impedire l'accesso dell'aria esterna nella campana, si spalmano d'unto gli orli di quest'ultima a contatto col piatto. Un tubo metallico parte dal foro praticato nel mezzo del piatto, discende, piega a gomito verso destra, e quindi si biforca per sboccare poi nel fondo dei due cilindri, di vetro anch'essi. In ciascuno dei due cilindri c'è uno stantuffo di metallo la cui superficie convessa è rivestita di pelle, lo stantuffo può scorrere su e giù nel tubo a perfetta tenuta d'aria, ovverosia in modo che la superficie convessa dello stantuffo si adatta punto per punto alla superficie concava del cilindro; cosicchè l'aria non può passare fra le due superfici. Questi stantuffi sono forati, ed il foro è ricoperto da una *valvola,* che si apre solo dal basso all'alto, ossia da un ordigno che cede e si apre alle pressioni anche deboli fatte di sotto in su, e resiste e si tien chiuso alle pressioni dall'alto in basso; un ingegnoso apparecchio applicato a questi stantuffi chiude completamente, con un turacciolo, la bocca del tubo — che, come abbiam detto, entra nel fondo di ciascun cilindro — non appena lo stantuffo incomincia a discendere, e mantiene chiusa quella bocca

durante tutta la discesa; lo stesso apparecchio solleva il turacciolo, e così apre la bocca del tubo, appena lo stantuffo incomincia a salire: la bocca del tubo si mantiene quindi aperta durante tutta la salita dello stantuffo. Ciascuno dei due stantuffi è raccomandato ad una verga dentata, che sorge verticalmente fuori dei cilindri; i denti della verga ingranano in quelli d'una ruota dentata, girevole intorno ad un perno, mossa mediante un manubrio a doppia impugnatura, il quale, manovrato ad altalena, solleva uno degli stantuffi, mentre abbassa l'altro.

Per renderci ragione del come si pratica il vuoto con questo apparecchio, badiamo ad uno dei due stantuffi, che supporremo giunto al fondo del rispettivo cilindro. Quando, pel moto della manovella, questo stantuffo comincia a sollevarsi, solleva pure il turacciolo che chiudeva la bocca del tubo, e così la campana ed il cilindro si trovano in comunicazione. Ma quanto più ascende lo stantuffo, tanto più grande diventa lo spazio in cui può espandersi l'aria che stava prima nella campana e nel tubo. Quest'aria, che era densa come quella dell'atmosfera, è cresciuta di volume: andando ad occupare anche il cilindro, si è fatta più rara; l'aria esterna, per quanto prema sulla faccia dello stantuffo, non può penetrare nel cilindro, poichè la valvola resiste appunto alle pressioni superiori; quando poi lo stantuffo incomincia a discendere, il turacciolo chiude tosto la bocca del tubo e così cessa ogni comunicazione fra il cilindro e la campana; ma abbassando lo stantuffo, si comprime l'aria rarefatta contenuta nel cilindro, e quest'aria compressa acquista a grado a grado maggior forza espansiva; giunge l'istante in cui la discesa del ci-

lindro ha talmente condensata quell'aria, da renderla più densa e quindi dotata di maggior forza espansiva dell'aria esterna; allora l'aria racchiusa nel cilindro preme la valvola dal basso all' alto con maggior forza di quella esercitata dall'alto al basso dalla pressione atmosferica; la valvola si apre, e lascia andare l'aria dal cilindro fino a che lo stantuffo è giunto al fondo. Subito dopo ricomincia il giuoco inverso, e l'aria della campana si rarefà sempre più. L'azione della macchina risulta però continua, poichè, mentre uno stantuffo discendendo comprime l'aria imprigionata nel cilindro, l' altro stantuffo sale, e permette di espandersi all' aria ancora rimasta nella campana e nel tubo.

Siccome però ogni colpo di stantuffo vuota la campana d' una certa parte soltanto dell' aria contenutavi, così non è mai possibile l' ottenere un vuoto perfetto. Una certa quantità d'aria deve restar sempre nella campana; è però possibile ridurre piccolissima codesta quantità, e quindi grandissima la rarefazione dell'aria residua. Con esempio volgare si potrebbe paragonare la campana ad una botte ripiena di vino, dalla quale si cava replicatamente una certa parte, ad esempio la metà del contenuto, riempiendo poscia d'acqua la botte di volta in volta. Alla decima volta la botte non conterrebbe neppure un millesimo di vino, alla ventesima neppure un milionesimo.

Una piccola campana di vetro, comunicante mercè un tubo con la campana maggiore, contiene un tubo barometrico, col cui mezzo si può a colpo d'occhio riconoscere a qual grado di rarefazione sia giunta l'aria in entrambe le campane. Mercè questa disposizione di cose, è possibile ottenere quella rarefa-

zione che più si desidera, nell'interno della campana, ed istituire non poche interessanti esperienze.

Un uccelletto imprigionato sotto alla campana pneu-

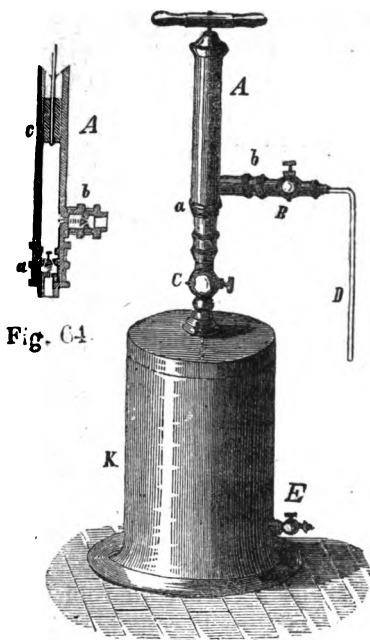



Fig. 65. Pompa di compressione.

matica, dà segni evidenti di malessere a grado a grado che l' aria viene estratta; rimane immobile e morrebbe in pochi istanti, se il pietoso sperimentatore non gli ridonasse tosto l'aria indispensabile alla respirazione. — Collocate sul piatto della campana una vescica quasi vuota d'aria ma con la bocca ben chiusa, e vedrete che, rarefacendo l' aria nell' interno

della campana, la vescica andrà di mano in mano gonfiandosi, poichè l'aria racchiusa in quella vescica tende tanto più ad espandersi, quanto meno è sensibile la pressione che sovr'essa esercita l'aria circostante. — Posto sotto alla campana un apparecchio acustico, lo si ode distintamente quando la campana è piena d'aria, manda invece suoni tanto più deboli, quanto più aumenta la rarefazione dell'aria sotto alla campana, poichè l'aria è il veicolo del suono.

Se in luogo di rarefar l'aria contenuta in un recipiente, la volete comprimere, raggiungerete facilmente lo scopo ricorrendo alla *macchina di compressione* (fig. 64 e 65).

Anche in questa troviamo un cilindro o corpo di pompa *A*, però di tenue diametro, nel quale scorre uno stantuffo *c* (fig. 65) *cieco*, ossia tutto pieno, senza valvola. Però una valvola *a* è applicata al fondo del corpo di pompa ed una valvola *b* è applicata al suo fianco; la prima si mantiene aperta durante la discesa dello stantuffo, mentre contemporaneamente rimane chiusa la seconda, e viceversa. Il corpo di pompa è montato sopra il recipiente *K* (fig. 65), in cui vuolsi condensar l'aria; un robinetto *C* serve a togliere od a ristabilire la comunicazione fra il recipiente ed il corpo di pompa, ed un altro robinetto *B* compie analogo ufficio fra il corpo di pompa e l'aria esterna. Supponiamo aperti questi due robinetti, ed abbassiamo lo stantuffo, mercè l'impugnatura che lo sormonta.

L'aria contenuta nel cilindro trovasi compressa, e tuttavia non può escire per l'apertura *b*, chiusa dalla valvola; entra invece tutta quanta nel recipiente *K*, poichè l'altra valvola *a* rimane aperta durante tutta

la discesa dello stantuffo. Ma non appena quest'ultimo incomincia a salire, la valvola *a* si chiude, e lo stantuffo lascerebbe sotto di sè uno spazio vuoto, se la valvola *b*, spinta dall'esterna pressione atmosferica, non aprisse il varco all' aria esterna che precipita nel cilindro e tutto lo riempie. Lo stantuffo, ridiscendendo, comprime quest'aria imprigionata nel cilindro e la spinge nel sottoposto recipiente, il quale per tal modo contiene aria tanto più compressa quanto più grande fu il numero delle corse alternative, in ascesa e discesa, dello stantuffo.

L'acqua ed altri liquidi contengono anche allo stato ordinario quantità più o meno grande di gas. Esponendo acqua purissima (quella, ad esempio, che si ottiene dalla distillazione) all'aria, si può riconoscere dopo breve tempo che l'acqua ha assorbita una certa quantità dei due gas ossigeno ed azoto, costituenti l'aria atmosferica. Ma uno stesso liquido può assorbire quantità ben maggiore di gas, qualora si trovi racchiuso in vasi contenenti, fortemente compresso, il gas che si desidera. Nella medicina, ed ormai anche nella vita domestica, si usano frequentemente delle acque così impregnate di gas, che il più delle volte è il *gas acido carbonico*. Per comprimere il gas, si adopera in tal caso la macchina di compressione testè descritta; in luogo di far comunicare il tubo *B* con l'aria atmosferica, si applica ad esso un secondo tubo *D*, il quale mette capo in un serbatoio contenente il gas che si vuol comprimere e far assorbire dall'acqua. Non appena cessa la pressione che manteneva imprigionato il gas nell' interno dell' acqua, esso si svolge in piccole bollicine, che salgono a galla e si aprono lasciando andare il gas.

La birra ed i vini novelli, ermeticamente chiusi in bottiglia, continuano a fermentare, e svolgono in gran copia il gas acido carbonico, che perciò viene a trovarsi naturalmente compresso con tanta maggior forza, quanto più breve è lo spazio in cui è racchiuso; quei liquidi ne assorbono perciò forti dosi. Appena sturata la bottiglia, cessa la grande pressione fino allora esercitata dal gas sul liquido sottostante, ed il gas assorbito esce a furia in bollicine, spingendo dinanzi a sè il liquido spumeggiante.

La compressione dell'aria serve come mezzo offensivo nei *fucili a vento*, il primo dei quali fu veduto nel 1560. Si comprime l'aria in un recipiente che forma il calcio dell'arma, a questo è innestata una canna simile a quella dei fucili ordinari. Introdottavi la palla, si fa scattare un grilletto, il quale apre una valvola che lascia uscire dal calcio una certa quantità d'aria compressa; questa, espandendosi, spinge con gran forza il proiettile. Siccome l'espansione di quest'aria diminuisce manifestamente ad ogni colpo successivo, poichè la quantità d' aria rimasta nel calcio è ognor minore, così ad ogni colpo diminuisce anche la portata dell'arma. Il tiro risulta silenzioso, essendo dovuto alla sola espansione dell'aria, la quale non produce alcun rumore.

LA BUSSOLA

I.

L'ossido magnetico di ferro. — Il pastore Magnete. — La calamita presso i greci ed i romani. — Virtù e pericoli immaginarii. — Flavio Gioia. — La bussola nota in Europa nel dodicesimo secolo. — Influenza della bussola sulla civiltà.

Si dà il nome di *calamita naturale* ad un minerale (*ossido magnetico di ferro*) composto dalla combinazione di due ossidi di ferro, e che ha la proprietà di attrarre a sè con intensità più o meno grande moltissimi corpi ed in ispecialità alcuni metalli; quelli che più risentono l'azione della calamita sono il ferro, l'acciaio, il nichelio ed il cobalto.

Giusta un' antichissima tradizione, un pastore dell' Asia Minore, per nome *Magnete*, mentre cercava una pecora smarrita, si accorse che le sue scarpe ferrate e la punta pure ferrata del suo bastone aderivano fortemente ad un masso di pietra nerastra, sulla quale egli erasi riposato alcuni istanti: quel masso era una *pietra calamita*. L' antichità di tale leggenda prova che questa pietra era conosciuta fino dai tempi più remoti.

I Greci ed i Romani conobbero la *calamita*, cui davano il nome di *pietra*, siccome la pietra per eccellenza, però si accontentavano di ammirarla senza ricavarne il menomo vantaggio. Sapevano che la

calamita attrae il ferro, ma ignoravano la dote precipua della calamita, che è di dirigersi costantemente verso Tramontana ogni qualvolta venga sospesa liberamente e non trovi ostacoli che le impediscano di assumere quella direzione. Sembra che questa proprietà della calamita fosse nota ai Cinesi nel settimo secolo dell'êra volgare, e che i naviganti di quella nazione imprendessero lunghi viaggi marittimi dirigendosi traverso i mari colle indicazioni fornite da un pezzo di calamita lungo e sottile opportunamente collocato.

Gli antichi attribuivano virtù magiche e sopranaturali alla calamita, ed in particolare la credevano efficace a mantenere l'amicizia e l'affetto coniugale.

I poeti d'ogni tempo non dimenticarono la calamita, ne esaltarono, esagerandoli, i prodigiosi effetti. Il nostro Petrarca, ad esempio, così ne parla:

> Una pietra è sì ardita
> Là per l'indico mar, che da natura
> Tragge a sè il ferro, e il fura
> Da legni in guisa, che i navigli affonde.

Si favoleggiò molto intorno ad un'isola con alta montagna tutta composta di pietra calamita: i naviganti inorridivano pensando alla trista fine cui potevano andar soggetti allo sfasciarsi improvviso del bastimento, tutt'ad un tratto impoverito dei chiodi e d'ogni altra ferramenta, e come ben si comprende, questa strana favola ebbe per lunghi anni una dannosa influenza sui progressi della navigazione. È degno d'essere notato come l'osservazione e l'esperienza dapprima, e più tardi la fiaccola della scienza, disperdendo le dense tenebre dell'ignoranza e degli assurdi

pregiudizii che ne derivano, abbiano ricavato dalla tanto temuta calamita uno strumento che, guidando il navigante in mezzo all'immensità dei mari, anzichè incutergli l'antico terrore, gli infonde invece nuovo coraggio.

Sembra che l'uso della calamita, per dirigere il corso delle navi, sia stato introdotto per la prima volta in Europa intorno al dodicesimo secolo. Gli Europei, che durante le crociate si trovavano in contatto continuo con gli Arabi, ricevettero da questi ultimi sì importante comunicazione. Alla loro volta gli Arabi avevano appreso dagli Indiani l'utile partito che si può trarre dalla singolare proprietà della calamita, l'uso della quale erasi divulgato nei mari dell' India per opera dei naviganti cinesi.

La cognizione della bussola in Europa non data quindi che dal dodicesimo secolo; un cronista di quell'epoca lasciò scritto che allora si custodiva l'ago calamitato in vasi per metà ripieni d'acqua, e lo si faceva galleggiare sul liquido per mezzo di piccole pagliuzze.

La prima bussola adunque di cui si servivano i naviganti non era altro che un pezzo di calamita lungo e sottile galleggiante sull'acqua. L'attrito del liquido doveva paralizzare quasi completamente il movimento della calamita verso Tramontana; questo strumento non poteva quindi fornire che indicazioni molto incerte.

L'uomo ingegnoso che pensò di sottrarre la *calamita* alla festuca con cui si sosteneva nell'acqua, per collocarla sopra un perno aguzzo d'acciaio che si erge dal centro di una scatola, costituendo quell'in-

sieme cui si dà nome di bussola, fu un Italiano, come osserva il Rambelli nelle sue *lettere intorno alle invenzioni e scoperte italiane*. Era un capitano o pilota d'Amalfi, che aveva nome *Flavio Gioia;* e verso il 1302 diede allo stromento da lui perfezionato — in modo da meritarsi il titolo di inventore — il nome italiano di *bussola* (da *bossolo* che significa scatola o vasetto), nome che venne adottato in appresso da altre nazioni.

Come sempre, Inglesi e Francesi ci disputano il vanto anche di quest' invenzione. I Francesi allegano a loro favore il giglio (arma dei Borboni) ch'è il segno convenzionale che si pone tuttora nelle bussole per indicare la Tramontana; ma bisogna notare che ai tempi del Gioia il regno di Napoli, sua patria, era sotto il dominio della casa borbonica di Angiò, d'onde l'ornamento del giglio. Non negheremo però agli Inglesi il vanto d'avere invariabilmente fissata la calamita sopra quel disco circolare di cartone — muoventesi assieme alla calamita stessa — che diviso nei trentadue rombi dicesi la *rosa dei venti.*

Nessuna invenzione (tranne forse la stampa), esercitò più di questa una profonda influenza sui progressi dell'incivilimento. Grazie alla bussola, i navigatori più non paventarono allontanandosi dalle coste, più non dubitarono di ritrovare la strada che volevan seguire anco spingendosi arditamente in alto mare. L'arte perfezionata della navigazione fece sorgere in arditi navigatori l'idea di quei grandi viaggi che schiusero, per così dire, le porte che ci separavano dalla maggior parte della Terra, rimasta fino allora sconosciuta. Colombo non avrebbe al certo

impreso il suo lungo viaggio (1492) che ci fruttò la scoperta d'America; Vasco de Gama non avrebbe oltrepassato il Capo delle Tempeste (1498), cui cambiò il nome in Capo di Buona Speranza, ed i viaggi e le scoperte marittime, e con essi i commerci, non si sarebbero estesi e sviluppati con tanta rapidità senza il trovato di Flavio Gioia, senza l'invenzione della bussola.

II (1).

L'attrazione magnetica. — I poli, la linea neutra e lo spettro magnetico. — Riproduzione dei poli nelle calamite spezzate. — Magnetizzazione per influenza. — Il ferro dolce e l'acciaio. Calamite naturali e calamite artificiali.

« Per verificare il fenomeno capitale della calamita basta appressarla ad un pezzettino di ferro, questo le si muove incontro e va ad attaccarsele; per verità, un pezzo molto pesante non si muove, però toccandolo con la calamita, troviamo che i due corpi aderiscono fortemente l'uno all'altro e ci vuole uno sforzo per separarli. È da notarsi che l'attrazione magnetica è reciproca; cioè non solamente la calamita attira il ferro, ma il ferro alla sua volta attira la calamita, il che si verifica facilmente sospendendo la calamita ad un cordoncino e collocando, a poca distanza da

(1) Per non moltiplicare le citazioni vogliamo avvertire che nella compilazione di questo capitolo e dei successivi due, abbiamo largamente attinto nell'ottimo trattato modestamente intitolato *Prime nozioni di Fisica,* del compianto Dott. Gius. Ambrosoli. — Milano, Vallardi 1854.

questa, un pezzo di ferro; la calamita si muoverà verso il ferro e, se la lunghezza del cordoncino lo consente, essa andrà ad attaccarsi a quel ferro.

« Notiamo ancora che il fenomeno si verifica egualmente anche se fra il ferro e la calamita sono interposti altri corpi. Potete provarvi a mettere fra il ferro e la calamita una lastra di vetro, un cartone, un'assicella, una lastra di metallo (1), la mano..., l'attrazione avverrà tuttavia. Se qualche volta non avvenisse, allora togliete il corpo, badando di non muovere nè la calamita nè il ferro; e vedrete che l'attrazione non avviene neppur così: d'onde sarà manifesto che il corpo frapposto metteva un intervallo troppo grande tra il ferro e la calamita, e che questo era l'unico motivo per cui l'attrazione non si manifestava. Quando la distanza è tale che la calamita ha forza sufficiente per attrarre a sè il ferro se non vi sono corpi interposti, essa lo attrae anche se tali corpi vi sono.

« In questa esperienza e in qualunque altra si faccia sulle calamite, si riconosce che la *forza magnetica* ossia la forza che esercitano sul ferro si indebolisce col crescere della distanza: un chiodetto che non si muove verso la calamita quando ne è distante, supponiamo, tre centimetri, si muoverà quando ne sia distante due od uno.

« Non tutte le parti di una calamita attirano con egual forza, ma vi sono sempre due porzioni della sua superficie dove la proprietà magnetica si manifesta con maggior vigore. Se la calamita è tagliata

(1) Convien però notare che l' interposizione d' una lamina di ferro, o d'altra sostanza attirabile dalla calamita, affievolirebbe quest' attrazione.

in forma di spranga diritta, queste porzioni sono alle estremità, come può riconoscersi presentando un pezzetto di ferro prima ad un capo della spranga, poscia alquanto più verso il mezzo, e così via via. All'estremità della spranga il pezzetto di ferro è fortemente attirato, poi tanto meno fortemente quanto più lo trasportiamo verso il mezzo; quivi non è punto attratto, o per lo meno l' attrazione è insensibile; più innanzi questa torna a mostrarsi, e va crescendo fino all'altra estremità. V'è un altro modo chiarissimo di manifestare e quasi direi rappresentare materialmente agli occhi questa diminuzione della forza magnetica in una calamita diritta dalle estremità verso il mezzo: basta rotolare la calamita nella limatura di ferro; allora si vede che la limatura si attacca molto più abbondantemente alle due estremità, formandovi come due ciuffi singolari a vedersi; poi la quantità va rapidamente decrescendo verso la parte di mezzo, e quivi finalmente la calamita rimane spoglia di limatura. Quelle due parti d'un magnete ove la forza magnetica si mostra maggiore si chiamano *poli* della calamita; e quella parte della superficie del magnete dove la forza è minore che in ogni altra parte si chiama *linea neutra*. Ogni magnete ha dunque una linea neutra e due poli (1). L'ineguale intensità dell'azione magnetica nei vari punti della calamita risulta

(1) S'incontrano tuttavia certi magneti che mostrano più di due poli. Se un magnete di questa sorta vien rotolato nella limatura di ferro, essa vi forma non due, ma quattro o sei od otto ciuffi simili ai già indicati (non mai un numero dispari), lasciando spoglie le porzioni di superficie interposte. Quelle parti ove la forza predomina, ma che non sono le due estremità, diconsi *punti conseguenti*.

ancor più manifesta sovrapponendo ad essa una lastra di vetro e facendovi cader sopra, per mezzo di uno staccio, fina limatura di ferro; le particelle me-

Fig. 66. Sbarra calamitata.

talliche si raccolgono naturalmente intorno ai poli *p* e *p'* (fig. 67) e convergono verso i medesimi for-

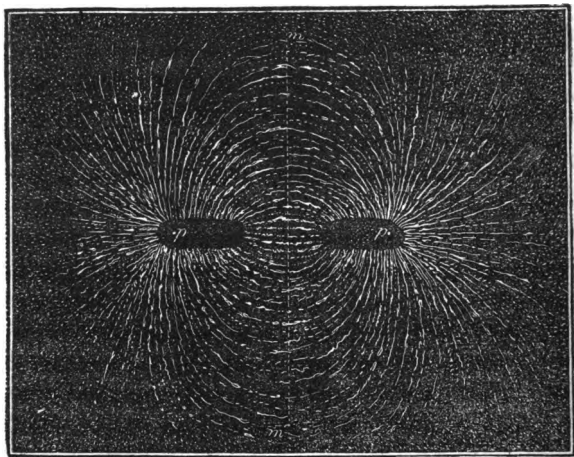



Fig. 67. Spettro magnetico.

mando delle curve — dette *linee d'azione magnetica* — simmetriche rispetto alla linea neutra *m m*.

« Abbiate una spranga magnetica; rompetela in due, e ciascun pezzo sarà una spranga magnetica ed

avrà i suoi due poli. Cosicchè, quelle medesime parti che nella spranga intera non mostravano alcuna forza magnetica, mostrano ora forza notabilissima, poichè sono divenute poli magnetici. Rompendo ciascuno dei due pezzi si ripete lo stesso fenomeno; e così generalmente, per quanto dividiate e suddividiate la calamita, i frammenti che ne otterrete saranno altrettante calamite, ciascuna coi suoi due poli.

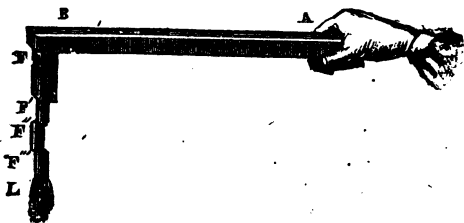



Fig. 68: Magnetizzazione per influenza.

« Un pezzo di ferro che si trovi a contatto con una calamita od anche — se questa è forte — le si trovi solamente vicino, diventa esso pure una calamita. Se, per esempio, ponete a contatto un pezzo di ferro F (fig. 68) con un polo d'una calamita, in modo che vi rimanga sospeso, esso può sostenerne un altro pezzo minore F'; questo può sostenerne alla sua volta un altro ancor più piccolo F'', e così discorrendo, fino ad un certo numero, o per dir meglio, fino ad un certo peso, l'ultimo pezzetto è tuttavia capace di coronarsi d'un ciuffetto di limatura; ora, siccome è ben certo che la calamita non sostiene direttamente colla sua forza attrattiva i pezzetti inferiori, per essere questi troppo lontani, così bisogna proprio riconoscere che l' ultimo è sostenuto dal penultimo,

questo dal terz'ultimo, ecc. E di qui si conclude che questi pezzi di ferro hanno acquistata la proprietà di attrarre il ferro, cioè la proprietà magnetica, si sono *magnetizzati.* Se peraltro distaccate dalla calamita il primo pezzo F, immantinente tutti gli altri si separano e cadono; raccogliendoli ed appressandoli tra loro, non troverete più alcun segno d'attrazione. Il ferro non era dunque divenuto magnetico *per sempre,* ma solamente per quel tempo che stava a contatto con la calamita. Tutti i fenomeni ora descritti si manifestano anche se il primo pezzo di ferro vien posto non a contatto col magnete, ma solamente vicino ad esso, come fu già accennato; se non che, in questo caso, è necessario che il magnete sia più gagliardo. E nell'un caso e nell'altro suol dirsi che il magnete ha calamitato il ferro *per influenza.*

« Questa magnetizzazione del ferro per opera della calamita ci spiega come si formino quei ciuffi di limatura di ferro sui poli delle calamite allorchè noi le rotoliamo nella limatura, o ve la spargiamo sopra. Ogni pagliuzza di ferro che si attacchi alla superficie del magnete diventa essa medesima un piccolissimo magnete; e perciò alla sua estremità, dove il magnetismo è più forte, gli si attacca facilmente un'altra pagliuzza; la quale, divenuta alla sua volta un magnete, attrae alla propria estremità una terza pagliuzza; e così continuando: donde risultano, quasi direi, certe setole di ferro, che nel loro insieme presentano appunto l'aspetto di un ciuffo, o di un irto pennacchio. Ripulite la spranga, e raccogliete sopra una carta la limatura che cade; non troverete dipoi che essa si appicchi tra sè minimamente; ma sarà incoerente e scorrevole come prima. Il suo magnetismo è dunque affatto svanito.

«Ben altrimenti si comporta l' acciaio (1). Questo non è attratto così subito dalla calamita, nè così subito acquista la proprietà di attrarre; anzi in sulle prime sembra che non senta punto l'azione della calamita. Ma attratto una volta, o più generalmente, magnetizzato una volta, esso rimane magnetizzato per sempre. Grazie a questa proprietà dell'acciaio si possono *fare calamite* di qualsivoglia forma. Per calamitare una verghetta d'acciaio la si frega a più riprese col polo d'una calamita, avendo però l'avvertenza di fregare sempre nella medesima direzione; in breve quella verghetta si magnetizza e rimane magnetizzata per sempre (2).

(1) « L' acciaio è ferro combinato con una piccolissima quantità di carbonio, ed anche quei ferri che non contengono la quantità di carbonio contenuta nell' acciaio, ma pur ne contengono, possiedono, benchè in grado minore, la stessa proprietà. La somma prontezza nel prendere e perdere il magnetismo si trova soltanto nel ferro assolutamente privo di carbonio o *ferro dolce* ».

(2) « Vi sono altri metodi dei quali, per amore di brevità, dobbiamo tacere, coi quali si ottiene anche meglio l'effetto. Peraltro, qualunque metodo si impieghi, la forza magnetica della spranga d'acciaio non potrà aumentare indefinitamente: v' è anche nel magnetismo una specie di *saturazione*, la quale può bensì oltrepassarsi momentaneamente, ma non già durevolmente. — Innanzi tutto, ognuno intende che una calamita magnetizzerà l'acciaio tanto più fortemente quanto è più forte essa medesima; ma oltre a ciò sono di molto effetto le dimensioni del pezzo d'acciaio, la sua qualità più o meno fina, il grado di tempra, e va dicendo.

« Giova osservare che magnetizzando una spranga, il suo peso non mostra dopo di ciò il più piccolo aumento, e quello della calamita che servì a magnetizzarla non mostra la più

Vi sono dunque calamite *naturali* e calamite *artificiali:* anzi queste ultime sono molto più usate, parte perchè si riesce facilmente a dar loro un grado di forza che rare volte s' incontra nelle naturali, e parte perchè v' è il vantaggio di poterle foggiare come più aggrada. Molte volte si dà loro la forma d'un *ferro di cavallo* (fig. 69) affine di poter utilizzare nello stesso tempo entrambi i poli, e sostenere così — a cagion d'esempio — un peso più considerevole di quel che potrebbe sostenersi da uno solo; a questo scopo si fa aderire ai poli A e B un pezzo di ferro dolce F, cui si dà il nome di *áncora,* munito d' un gancetto sostenente un piccolo secchiello che si riempie gradatamente di sabbia o di pallini di piombo. Si può fare altrettanto con le calamite naturali, circondandole con opportuna fasciatura di ferro, che prende il nome di *armatura,* terminata inferiormente con due brevi appendici sostenenti l' áncora (fig. 70).

L'áncora aderisce fortemente alla calamita e può sostenere anche un certo peso, ad esempio un chi-

piccola diminuzione. Il singolare poi è che la calamita magnetizzante non perde punto della sua forza. Di qui apparisce sommamente probabile che il magnetismo non sia una forza che *si comunichi* dalla calamita all'acciaio, ma piuttosto una forza che *si svegli* nell'acciaio per opera della calamita. Sarebbe come una volontà, od una persuasione, od uno stato qualsiasi dell'animo, che può svegliarsi in tutta una moltitudine senza che punto diminuisca in colui che ha saputo svegliarlo.

« Scaldando una calamita, il suo magnetismo s' indebolisce: lasciandola raffreddare, ritorna. Ma se il calore fu tale da arroventarla, il magnetismo è perduto ».

logramma, applicato direttamente al gancetto ovvero collocato nel secchiello (fig. 69); lasciando in riposo tale sistema si può nei giorni successivi aggiungere nuovi pesi, ad esempio, versando giornalmente alcuni pallini di piombo nel secchiello; procedendo così gradatamente, si riescirà a far portare alla calamita

Fig. 69. Calamita a ferro di cavallo.

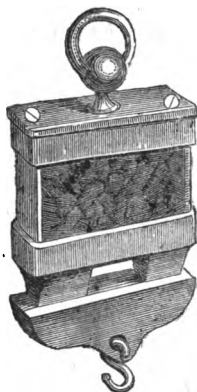



Fig. 70. Calamita naturale armata.

persino peso doppio del primitivo; a questa guisa la calamita si *nutre*. Però, se per eccesso di peso, l'áncora si stacca dalla calamita, non è più possibile farle sostenere tutto il peso di prima; bisogna caricarla con peso inferiore a quello ch' essa sosteneva dapprincipio ed aumentare la carica a poco a poco, così la calamita si nutre di bel nuovo e riacquista il vigore primitivo.

III.

L'ago magnetico. — Polo boreale e polò australe. — Attrazioni e ripulsioni magnetiche. — La Terra è un' enorme calamita. — Declinazione ed inclinazione. — Meridiani e paralleli magnetici.

Passiamo ora ad esaminare altro singolare fenomeno che presentano le calamite naturali od artificiali; si prenda per maggior comodità una piccola

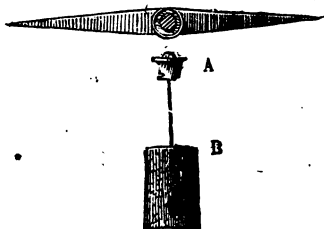



Fig. 71. Ago magnetico.

asta calamitata, la si infilzi in un pezzetto di sughero e la si metta così a galleggiare sull'acqua. « L'asta calamitata si volterà da una parte, e dopo alquanto oscillare a dritta e a sinistra, si fermerà finalmente in una certa *direzione particolare*. Fate girare lo sughero sopra sè stesso, mutando così la direzione dell'asta: appena la lascerete in libertà, essa tornerà a voltarsi dalla parte di prima, ad oscillare, e finalmente a fermarsi precisamente nella direzione anzidetta. Per esaminare più comodamente questo mirabile fenomeno, procuratevi un' asta o piuttosto una lastrina d' acciaio calamitato ritagliata in forma di

rombo (fig. 71) la quale nel mezzo abbia un foro circolare coperto da una cupoletta d'ottone. Un magnete così costrutto si chiama *ago magnetico;* la cupoletta A serve a posarlo sopra una punta che è infitta in un piedestallo B; ed i pesi delle varie parti dell'ago devono essere tali che dopo di ciò esso non penda nè di qua nè di là, ma rimanga orizzontale. Ebbene; se ripetete la prova con questo nuovo mezzo, riscontrerete con maggior sicurezza i medesimi effetti; l'ago si dispone sempre in una certa direzione particolare, come la calamita galleggiante; rimovetelo da questa direzione ed esso vi tornerà. Scuotetelo, cambiatelo di posto; ed esso roterà, oscillerà, mà alla fine si disporrà come prima. La sola avvertenza da usare è che non si trovino dappresso considerevoli masse di ferro; giacchè in tal caso l'ago devierebbe alquanto dall'anzidetta direzione per voltarsi verso il ferro.

« Messo così fuor di dubbio che l' ago magnetico tende a pigliare una direzione particolare, è ragionevole esaminare quale sia propriamente questa direzione; si trova che una punta dell' ago è voltata verso Settentrione, l'altra verso Mezzodì. E badate: non basta che una punta guardi a Settentrione, l'altra a Mezzodì; ma è proprio *una certa* delle due punte quella che vuŏl sempre guardare a Settentrione e l'altra a Mezzodì; se provate a metter l' ago nella positura precisamente contraria a quella che ha preso da sè, potrà darsi bensì che vi rimanga un momento, ma ad ogni minima scossa, od urto, o soffio che lo colpisca, farà un mezzo giro, e dopo alcune oscillazioni si arresterà ancora nella posizione di prima. Quella punta dell' ago magnetico che guarda a Settentrione si chiama *pòlo nord* o *polo boreale* dell'ago,

e l'opposta *polo sud* o *polo australe*. Gli artefici usano brunire la metà boreale dell'ago, e lasciar greggia l'australe, affinchè si distinguano a prima vista.

« È da notare che l'ago magnetico tende unicamente a pigliare questa direzione particolare, e nulla più; esso non tende a trasferirsi verso Settentrione nè verso Mezzodì, nè verso alcuna altra parte del mondo, ma si accontenta di rivolgersi con una punta al Settentrione, coll'altra al Mezzodì. Di ciò potrete persuadervi rifacendo l'esperimento della calamita galleggiante, e procurando che l'acqua sia tranquillissima: la calamita roterà, oscillerà, ma non si avanzerà punto nè verso un lato del vaso nè verso l'altro. E così pure se appenderete orizzontalmente un ago magnetico ad un filo di seta senza torsione (quale si ricava dal bozzolo), vedrete che l'ago si volgerà al Settentrione, ma il filo non si distoglierà punto dalla sua posizione verticale: prova evidente che l'ago non tende già a cambiar di luogo, ma unicamente a rotare sopra sè stesso finchè non abbia presa una certa direzione particolare ».

Immaginiamo ora due aghi magnetici posti a buona distanza tra loro: ciascuno piglierà la solita direzione e darà così a conoscere il suo polo boreale ed il suo polo australe; indichiamo con A il polo boreale e con B il polo australe dell'uno, con *a* e con *b* il polo boreale ed il polo australe dell'altro. Ciò fatto togliamo dal suo sostegno il primo ago e tenendolo fra le dita presentiamo la punta A del primo alla punta *a* (fig. 72) del secondo. Questo girerà come se *a* fuggisse da A e lo stesso avverrebbe appressando la punta B alla punta *b*. Conchiuderemo che il polo boreale di un ago magnetico respinge il

polo boreale di un altro, e che parimente il polo australe di un ago magnetico respinge il polo australe di un altro. Ma se avviciniamo A a *b* ovvero B ad *a*, queste punte si attrarranno e per tal modo

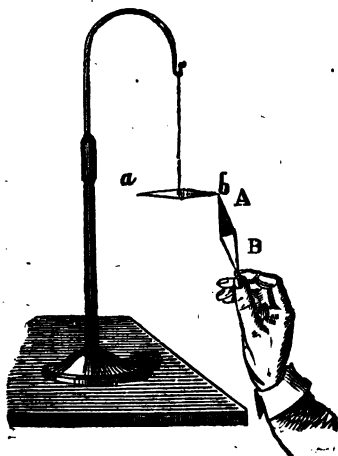



Fig. 72. Attrazione dei poli magnetici di nome diverso.

riconosceremo che il polo australe di un ago attira il polo boreale di un altro, ed il polo boreale attira il polo australe. Laonde, per final conclusione i poli che portano lo stesso nome si respingono, quelli che portano nomi diversi si attraggono.

Per spiegare la direzione particolare secondo la quale si dispone un ago magnetico liberamente sospeso, si è supposto dai fisici che la Terra sia una enorme calamita, e che i suoi *poli magnetici* sieno in punti poco distanti dai poli geografici; come ogni altra calamita, anche la Terra ha una linea neutra che fu detta *equatore magnetico* poichè non è molto

discosta dall'equatore geografico della Terra. E realmente la forza magnetica esercitata dal globo terrestre aumenta mano mano che si va verso i poli, e diminuisce approssimandosi all'equatore.

L' ago magnetico non cerca solamente di volgersi al settentrione, ma altresì di inclinarsi con una punta

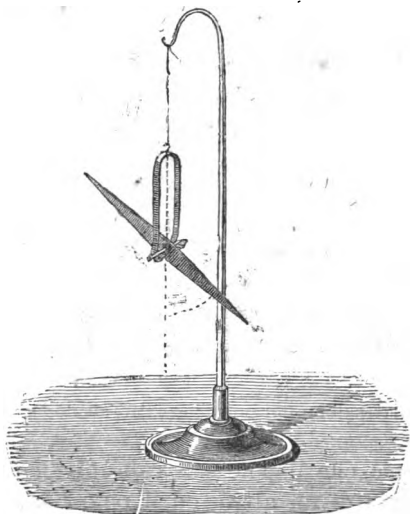



Fig. 73. Inclinazione magnetica.

in giù, epperò coll'altra in su. Se l' ago è sostenuto in maniera (fig. 73) che possa girare liberamente nel senso verticale e se nel tempo stesso lo disponiamo nella sua solita direzione, da Settentrione a Mezzodì, l'abbassamento riesce manifestissimo. Perciò appunto nell' ago magnetico ordinario una metà deve essere più leggera dell' altra affinchè possa rimanere orizzontale.

« Esaminando attentamente la direzione dell' ago magnetico, si trova che non è quasi mai precisamente nella direzione da Tramontana a Mezzodì, ma in direzione alquanto diversa. In certi paesi la punta boreale si volta un po' verso Oriente, in altri verso Occidente. E più ancora: in un medesimo luogo essa muta col volger degli anni; per esempio a Parigi, nel 1580, l'ago stava rivolto un po' verso Oriente, poscia venne pigliando una direzione sempre più vicina alla perfetta direzione di Mezzodì e Tramontana; nel 1663 aveva precisamente questa direzione, appresso cominciò a volgersi dalla parte d'Occidente fino al 1814: da allora in poi ritorna pian piano verso Oriente. Si è trovato che anche nel corso d'ogni anno la direzione dell' ago patisce alcune variazioni con certa regola secondo i mesi; e persino in un medesimo giorno con una certa regola secondo le ore: ma queste due sorta di variazioni sono tanto leggiere da non potersi scoprire fuorchè per osservazioni accuratissime.

« I Fisici chiamano *declinazione* dell' ago la sua deviazione dalla precisa direzione di Mezzodì e Tramontana, ossia l'angolo che esso fa con questa direzione: e aggiungono *orientale* od *occidentale* secondochè l' ago volge alquanto verso Oriente o verso Occidente (1). Chiamano poi *secolari* le variazioni

(1) Dicesi *meridiano magnetico* d'un determinato luogo il piano verticale che si può immaginare condotto pei due poli d' un ago calamitato, quando è in equilibrio sopra un asse verticale; la *declinazione* è quindi l'angolo che il meridiano magnetico forma col meridiano astronomico del luogo; giova rammentare che il *meridiano astronomico* d' un luogo è il piano verticale passante per i poli del mondo.

poc'anzi accennate che l'ago soffre in lunghissimi tratti di tempo (1) siano poi secoli o no, purchè siano lunghissimi; *annue* quelle che soffre nel corso dell'anno; e *diurne* quelle che soffre nel corso del giorno.

« Oltre a queste tre specie di variazioni, che sogliono dirsi *regolari* perchè vi si scorgono — come si è accennato — certe regole costanti, l'ago va soggetto altresì a *variazioni irregolari* o *perturbazioni*, qualora nei paesi vicini ed anche talvolta in paesi lontanissimi avvengono certi grandi fenomeni naturali, come terremoti, eruzioni vulcaniche, temporali violenti, aurore boreali.

« Anche l'*inclinazione* dell'ago non è sempre la stessa e varia da luogo a luogo; in Europa è la punta boreale dell'ago quella che si abbassa, e l'abbassamento è notabile (2). Se viaggiassimo verso Tramontana, portando con noi un ago magnetico, vedremmo crescere l'abbassamento, e giunti nelle

(1) Per Roma si ebbero i seguenti valori:

Anni	Declinazione	
1811	17° 3'	Occid.
1853	14 3	»
1859	13 43	»
1870	13 5	»

(2) Da una serie d'osservazioni istituite nell'autunno del 1867 si ricavarono i seguenti valori per l'inclinazione magnetica di alcune città italiane:

	Latitudine	Inclinaz.		Latitudine	Inclinaz.
Milano	45°28'	62°25'	Bologna	44°30	61°19'
Venezia	45 26	62 2	Firenze	43 46	60 37
Torino	45 4	62 25	Livorno	43 32	60 34
Modena	44 39	61 27			

regioni vicine al polo geografico settentrionale, troveremmo tale abbassamento che l'ago starebbe quasi verticale come il filo a piombo colla sua punta boreale verso la Terra e la punta australe verso il cielo. All' incontro viaggiando verso Mezzodì, l'inclinazione andrebbe diminuendo, e giunti nei paesi equatoriali, cioè in quei paesi che sono all' incirca egualmente distanti da entrambi i poli geografici, troveremmo che non vi è più inclinazione, sicchè l' ago, comunque liberissimo d' inclinarsi, vi rimane orizzontale. Oltrepassati questi paesi e continuando a viaggiare verso Mezzogiorno vedremmo manifestarsi da capo un'inclinazione, ma questa volta abbasserebbe la punta australe; ed anche questa inclinazione contraria alla precedente aumenterebbe avvicinandosi al polo geografico australe, finchè l' ago non fosse divenuto verticale presentando al basso la punta che prima rivolgeva in alto e viceversa.

« Anche l' inclinazione va pur soggetta a variazioni in un medesimo luogo, come s'è detto riguardo alla declinazione; presentemente l' inclinazione tende a diminuire (1), però è verosimile che dopo raggiunto un certo minimo, abbia a presentare di poi un incremento e quindi una variazione periodica ».

La declinazione fu avvertita per la prima volta

(1) Dalle osservazioni istituite a Roma si ricavarono i seguenti valori dell' inclinazione magnetica.

Anno	Inclinazione
1806	61°57'
1833	60 15
1859	59 12
1870	58 49

da Cristoforo Colombo nel 1492 durante il famoso viaggio intrapreso alla ricerca di nuove terre.

L' inclinazione fu segnalata nel 1576 da Roberto Normanno, costruttore di strumenti nautici a Londra.

Unendo con una linea tutti i luoghi aventi eguale declinazione (1), per esempio tutti i punti che hanno una declinazione orientale di 10 gradi, poi tutti quelli che ne hanno una occidentale di 20 gradi, ecc., si forma un sistema di linee che passano pei due poli magnetici della Terra e che si chiamano *isogoniche* od anche *meridiani magnetici della Terra.* E così pure unendo tutti i luoghi aventi eguale inclinazione (2) magnetica si ottiene un altro sistema di linee

(1) Dicesi *declinatorio* o *bussola di declinazione* lo stromento che serve a determinare la declinazione magnetica d' un luogo. Consiste essenzialmente d' un ago magnetico, girevole su d' un perno verticale fisso nel centro d' un cerchio graduato, disposto orizzontalmente, col diametro corrispondente alle divisioni 0° e 180° diretto secondo il meridiano astronomico passante pel centro dello strumento, e colla divisione 0° volta a Tramontana. Però conviene che l' ago ed il raggio del cerchio sieno di tal lunghezza da permettere di valutare facilmente i minuti primi di grado.

(2) Per misurare l'inclinazione magnetica si ricorre all' *inclinatorio* o *bussola d' inclinazione* (fig. 74) che consiste in un lungo ago magnetico, ruotante su di un asse orizzontale passante pel centro d'ampio cerchio verticale graduato, il cui diametro corrispondente alle divisioni 0° e 180° è ridotto orizzontale: codesto cerchio può ruotare, alla sua volta, attorno un asse verticale passante pel centro d'altro cerchio orizzontale graduato, per modo da poter ridurre il piano di rotazione dell'ago nel meridiano magnetico, e da poter quindi determinare l' angolo d' inclinazione con molta approssimazione.

che furono dette *isocliniche* o *paralleli magnetici.* La isoclinica di zero gradi è la linea neutra della Terra che — come si è detto precedentemente — è pur chiamata *equatore magnetico.*

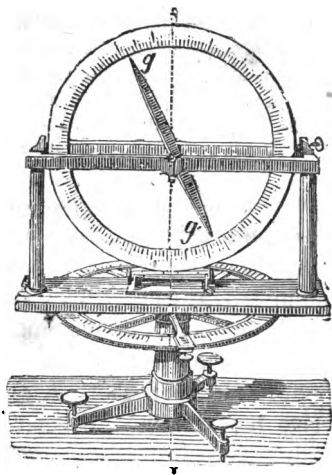



Fig. 74. Bussola d'inclinazione.

Le carte geografiche sulle quali sono tracciati questi due sistemi di linee prendono il nome speciale di *carte magnetiche.* Giova avvertire che per le variazioni lente ma continue che avvengono nella declinazione e nell' inclinazione magnetica le carte suddette non possono valere che per un limitato periodo di tempo.

IV.

Ufficio della bussola nautica. — Come si determina la situazione della nave. — Influenza delle masse di ferro sull'ago della bussola. — Il *compensatore*. — La sospensione cardanica. — La rosa dei venti e i trentadue rombi. — La linea di fiducia ed il compito del timoniere durante il viaggio. — La bussola azimutale. — Utilità della bussola anche in terra.

« Premesse queste nozioni generali intorno ai fenomeni che presentano gli aghi magnetici, passiamo ad esaminare l'applicazione che essi hanno nella *bussola*, preziosissimo trovato che, giova ripeterlo, reca immensi beneficii alla navigazione. Senza la bussola i navigatori non potrebbero allontanarsi gran fatto dalle coste, poichè si esporrebbero a gravissimo rischio di smarrire il cammino, e perire: la navigazione sarebbe dunque infinitamente lontana da quel meraviglioso sviluppo che essa ha raggiunto e che va ognora aumentando, e non è a dirsi quanto sarebbe minore il commercio, l' industria, la civiltà delle nazioni. — Procuriamo ora di renderci conto in qual maniera un ago calamitato possa avere sì grande importanza nell' arte di navigare.

« Quando uno vuole andare in un luogo qualsiasi, ha bisogno di tre cose: prima di tutto, deve sapere in che luogo egli si trovi presentemente; poscia deve sapere da che parte sia situato, rispetto a questo luogo, quell' altro luogo dov' egli vuole recarsi, e finalmente ei deve incamminarsi appunto verso quella parte. Quando, a cagion d'esempio, dopo avere girato

per la città risolviamo di tornarcene a casa, innanzi tutto ci bisogna sapere in quale via ci troviamo: oltre a ciò, dobbiam ricordarci da qual parte sia posta la nostra casa rispetto a questa contrada, se più innanzi o più indietro, o a diritta o a sinistra, e va dicendo: per ultimo, stabilito una volta da qual parte si trovi la casa, dobbiamo indirizzarci appunto verso quella parte. Ora, il somigliante accade a chi naviga. Figuratevi, per esempio, sul Mare Mediterraneo una nave che debba andare a Palermo. Saranno necessarie tre cose: sapere dove sia presentemente la nave, cioè qual sia la parte del Mediterraneo dove essa si trova; poi sapere se Palermo è a Levante o a Ponente, a Tramontana o a Mezzodì, ecc., ecc., di questo luogo dove ora è la nave: e infine dirigere il corso della nave appunto verso quella parte ove è Palermo. E nel vero, se la nave fosse vicina a Napoli, siccome la carta geografica insegna che Palermo rispetto a Napoli è posta al Mezzogiorno, bisognerebbe dirigere il viaggio a Mezzogiorno: ma se all' incontro la nave si trovasse nei dintorni di Tripoli di Barberia, in tal caso, siccome Palermo rispetto a Tripoli è posta a Settentrione, bisognerebbe indirizzare il corso del bastimento a Settentrione e così discorrendo.

« Ora, per ciò che riguarda la prima di queste tre cose, ella sembra in verità molto difficile: poichè quando la nave si sia allontanata dalle spiagge in maniera da non vedersi più altro che cielo e mare, da quali indizii potrà argomentarsi il luogo dove essa si trova? In poche ore essa può trasferirsi molte leghe a Ponente, a Levante, o in altra direzione; come si potrà dunque, pigliando alle mani una carta

geografica, pronunziare: La nave adesso è qua, è colà? — Nondimeno è possibile: anzi vi sono parecchi modi di riuscirvi; i quali nella sostanza si riducono tutti a indovinare, o piuttosto a scoprire con sagaci artifici, la *longitudine* e la *latitudine* del luogo ove si trova il bastimento. Chiunque abbia una carta geografica od un mappamondo sa che niente è più facile del rinvenire un paese od un luogo qualsiasi, quando si conosca la longitudine e la latitudine di questo luogo: se per esempio ci si dice che una città è situata a 5 gradi e $^1/_3$ di longitudine ad Oriente di Parigi (d'onde soglionsi contare le longitudini) ed a 45 gradi ed $^1/_{15}$ di latitudine nell'emisfero settentrionale della Terra, noi cerchiamo sulla carta le indicate due linee, e correndo coll'occhio al loro punto d'incontro, scorgiamo che quella città è Torino. È dunque palese che, potendosi scoprire la longitudine e la latitudine del luogo ove è il bastimento, si può tosto rinvenire sulla carta il suo punto corrispondente, cioè quel punto che lo rappresenta, e così farsi un'idea esattissima della situazione della nave. Ma in quanto ai modi di procacciare quelle due notizie fondamentali, noi non possiamo descriverli: e solamente diremo che sono tutti fondati su dottrine astronomiche.

« Aggiungeremo ancora che gli è in questa prima operazione, del determinare la situazione della nave, che i marinai hanno bisogno, fra l'altre cose, di orologi sommamente esatti. Qualche minuto di anticipazione o di ritardo nel corso del cronometro può indurli in errori di un mezzo grado, e tanto può bastare perchè la nave invece d'imboccare un golfo, per esempio, vada a perdersi tra gli scogli.

« Determinata la longitudine e la latitudine del luogo ove si trova la nave, bisogna procacciare l'altra notizia, della situazione che ha rispetto ad esso luogo, quel porto, o quella città marittima o quell'altro luogo qualsiasi al quale è diretto il viaggio. Ora, intorno a ciò non può esservi difficoltà, giacchè basterà rintracciare sopra la carta geografica quel punto che esprime il luogo in discorso, e confrontandolo col punto già trovato che esprime il sito attuale della nave, si vedrà se quello è a Levante od a Ponente, ecc., di questo. Qui dunque tutto consiste nella precisione delle carte geografiche, o piuttosto delle carte *nautiche* (giacchè le carte dei marinai sono alquanto diverse dalle comuni): e noi diremo solamente che anche nella costruzione delle carte non sarebbe possibile alcuna esattezza senza il soccorso della matematica e dell'astronomia.

« Veniamo finalmente alla terza cosa che il marinaio ha bisogno di sapere per dirigere il bastimento. Egli ha veduto sulla carta che per andare, dal luogo dov'è presentemente, a quello dove ei vuole arrivare, bisogna viaggiare, poniam caso, precisamente verso Levante. Non gli rimane adesso che di sapere da qual parte della nave sia il Levante. Ora, *finchè il cielo è sereno*, niente è più facile, giacchè il Sole di giorno e le stelle di notte col loro tramontare, o in generale, col loro movimento, ci mostrano dove è il Levante e il Ponente, e per conseguenza la Tramontana e il Mezzodì: (quando uno si collochi in modo da avere il Levante alla diritta ed il Ponente alla sinistra, egli ha di fronte il Settentrione e dietro le spalle il Mezzodì). Ma come *orientarci* quando la nave cammina in mezzo alla nebbia, o quando il cielo è

coperto di nuvole? Ecco la vera utilità della bussola: sia pure annebbiato o annuvolato il cielo, la bussola ci insegnerà dov'è il Settentrione, dov'è il Mezzodì, e per conseguenza dov'è il Levante e il Ponente; e riconosciuti questi quattro punti *cardinali*, come a ragione li chiamano gli astronomi, sarà facilissimo il riconoscere eziandio qual sia precisamente quella parte dell'orizzonte verso la quale dobbiamo navigare. Anzi non solamente la bussola ci servirà a prendere la giusta direzione, cioè ad incamminarci verso quella parte dove giace il luogo che noi cerchiamo; ma ci servirà altresì di guida per *conservare* questa direzione, una volta che l'avrem presa. E nel vero, poniamo di sotto all'ago magnetico un cerchio diviso in parti eguali, e fermato sul tavolino nel quale è infisso il perno aguzzo sostenente l'ago magnetico. È chiaro che la nave non potrà forviare nè a diritta nè a sinistra senza che vengano a trovarsi di sotto all'ago sempre nuove parti del cerchio, attesochè l'ago rimane fermo nella sua solita direzione, e non séguita punto il girar della nave, mentre lo séguita bene il tavolino, epperò anche il cerchio fermato sovr'esso. Ciò posto, se noi, voltando da una parte o dall'altra il timone, procureremo che sotto all'ago si trovi sempre una medesima porzione del cerchio graduato, o per lo meno che essa vi torni sotto bentosto, nel caso che se ne sia distolta, potremo tenerci sicuri che la nave continua il viaggio in quella direzione che ci conviene.

« Ecco dunque l'ufficio della bussola nella navigazione: essa dà ai naviganti un modo di orientarsi anche quando il cielo è coperto, e perciò rende possibile determinare in ogni tempo la direzione che la

nave dee prendere per arrivare al suo destino; oltre a ciò, rende facile il conservare questa direzione costantemente.

« Per verità ricordando ciò che fu detto superiormente della declinazione dell'ago calamitato, e delle variazioni alle quali è soggetta, potreste dubitare che la bussola sia una guida poco sicura; e senza dubbio, se il marinaio facesse i suoi calcoli nel supposto che la direzione dell' ago sia precisamente quella da Mezzodì a Tramontana, sbaglierebbe quasi sempre di molto. Ma in quanto alla declinazione, i marinai la misurano di tempo in tempo coll' osservazione degli astri, i quali insegnano loro qual sia la vera direzione da Mezzodì a Tramontana, e quanto ne differisca la direzione dell' ago. E siccome la declinazione non si cambia notabilmente se non per grandi differenze di luogo, così può stimarsi che in un tratto di viaggio mediocremente lungo sia sempre la stessa; o in altri termini, la correzione fatta per mezzo degli astri può tenersi per sufficiente finchè la nave non si è molto avanzata nel suo corso. Egli è poi chiaro che a trovare i punti cardinali tanto ci può servire un ago magnetico il quale si appunti precisamente al Settentrione, quanto un ago che si diriga un pochino a Levante o un pochino a Ponente, purchè si conosca la precisa misura di questa differenza, cioè il numero di gradi e minuti che son contenuti in quell'angolo che la direzione effettiva dell'ago forma con la vera direzione da Mezzodì a Tramontana. Riguardo poi alle variazioni generali, il loro effetto è sì lieve che d' ordinario si possono trascurare ». Devesi però tener conto d' un' altra variazione ben più importante dipendente dall'influenza eserci-

tata sull'ago magnetico dalle considerevoli masse di ferro che trovansi a bordo della nave. Ed invero la grossa e la minuta chioderia che unisce i singoli legnami componenti la nave, le catene, le gomene (che molte volte sono formate di fili di ferro intrecciati), le áncore, devono necessariamente far deviare l'ago della bussola anche nelle navi di legno costrutte coll'avvertenza di tenere quanto più lontano è possibile il ferro dal posto occupato dalla bussola; come è facile immaginare, tale deviazione diventa ben più considerevole qualora esistano a bordo delle artiglierie di ferro, una macchina a vapore — essenzialmente formata di ferro — od un carico di questo metallo. La deviazione raggiunge valori ancor più grandi nei bastimenti in ferro. Gli errori che ne deriverebbero vengono eliminati collocando in vicinanza della bussola, in posizione invariabile, accuratamente stabilita (1), un *compensatore* formato da una massa

(1) La teoria e la pratica concordemente dimostrano, che la deviazione speciale che subisce l' ago magnetico in causa delle masse di ferro che concorrono alla formazione della nave o che trovansi a bordo, varia a norma dell'angolo che la chiglia del bastimento forma col meridiano magnetico; dimostrano pure che tale deviazione raggiunge il suo massimo valore quando l'angolo testè indicato è di 45 gradi, ossia quando la prua della nave è diretta ai punti magnetici Nord-Est, Sud-Est, Sud-Ovest e Nord-Ovest. Si paralizza l' influenza delle masse di ferro facendo uso del *compensatore*, che è formato da frammenti di ferro dolce racchiusi in una scatola di ottone. Questa scatola dev'essere situata in guisa che il di lei centro cada nel piano della rosa della bussola, e si trovi nel tempo stesso o nel piano trasversale o nel piano longitudinale passante pel di lei centro; la distanza dal compensatore alla

di ferro dolce che, in ragione della sua vicinanza all'ago magnetico ed al punto in cui si trova, esercita sull'ago stesso un'azione eguale e contraria a quella del ferro componente la nave, perciò la bussola obbedisce unicamente all' azione del magnetismo terrestre.

Per semplicità di discorso abbiamo supposto fino ad ora che la punta sostenente l'ago della bussola nautica sia fissata sopra un mobile qualunque: ma è facile comprendere che le agitazioni ed i sobbalzi che riceve la nave quando è sbattuta dalle onde rovescierebbero ben presto quell'ago, converrebbe ad ogni istante ricollocarlo sulla punta aguzza che lo sostiene; d'altra parte il più lieve urto, ogni soffio di vento lo farebbero deviare dalla sua direzione. Per evitare questi inconvenienti si rinchiude l' ago in una scatola — che anticamente si faceva di legno ed ora si fa di rame o d' ottone — col coperchio formato da una lastra di vetro; dal fondo della scatola sorge la punta sostenente l'ago; sul fondo stesso è collocata una massa di piombo che ha l'ufficio di abbassare il centro di gravità della scatola e di ottenere quindi un equilibrio più stabile. La scatola stessa è sostenuta in modo che si mantiene sempre orizzontale, anche quando il bastimento si inclina sotto l'azione del vento e delle onde. L'ingegnoso sistema che permette di raggiungere tale scopo, detto *sospensione cardanica*, fu ideato, come lo indica il nome, dall'il-

bussola si determina per tentativi dirigendo successivamente la prora ai punti magnetici testè nominati, ed avvicinando od allontanando la scatola dalla bussola finchè la rosa indica prossimamente i suddetti punti magnetici.

lustre Cardano, matematico lombardo che fioriva nel XVI secolo (1). La fig. 75 rappresenta appunto tale sistema di sospensione: due brevi verghette si distaccano, in direzioni diametralmente opposte, dal

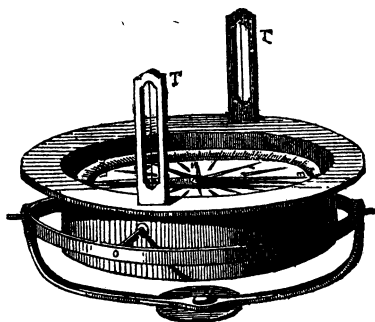



Fig. 75. Bussola azimutale a sospensione cardanica.

fianco della scatola; ciascuna di esse penetra in un foro praticato in un anello d'ottone collocato concentricamente alla scatola: per tal modo quest' ultima può oscillare liberamente intorno alla linea ideale che passa pell'asse di quelle verghette che funzionano come pernii. Verghette consimili — ma alquanto più

(1) Girolamo Cardano nacque a Milano nel 1501, professò successivamente la medicina e le matematiche a Pavia, a Bologna, a Milano ed a Roma, ove morì nel 1575. Il suo carattere era uno strano misto di buono e di cattivo, di forza e di debolezza; ad un grande ingegno e ad un'instancabile perseveranza univa il capriccio, la falsità e la vanagloria. Il nome di Cardano segna un importante progresso nella storia delle matematiche, in ispecie per la risoluzione delle equazioni cubiche, concepita da Nicolò Tartaglia e generalizzata da Cardano.

corte — si staccano dall'anello in direzione perpendicolare alle prime due e penetrano nei fori praticati verso la sommità delle braccia ricurve d'una robusta verga d'ottone, impernata nel mezzo ad un punto fisso della nave.

Abbiamo pur detto che, sul piano da cui si innalza la punta che sorregge l' ago è fermato un cerchio diviso in parti eguali; così infatti sono costrutte le bussole che si adoperano a terra, ma per quelle impiegate nelle navi torna più vantaggioso disegnare questo cerchio sopra un disco di carta, incollato sopra un cartoncino o sopra una lamina di mica, e fissarlo sull'ago calamitato in modo che il suo centro corrisponda al centro del cerchio e che la linea congiungente i due poli dell'ago coincida con un diametro del cerchio. La circonferenza di questo cerchio, che prende il nome di *rosa dei venti* (fig. 76), viene divisa in trentadue parti eguali che si dicono *rombi di vento;* la prima di queste divisioni corrisponde alla punta dell'ago rivolta a *Tramontana,* la 16.ª cade sull'altra punta dell' ago rivolta a *Mezzodì,* o — con nome più famigliare ai marinai — *Ostro.* Perciò quando tal disco è sostenuto dall'ago e questi può liberamente orientarsi, l' 8.ª divisione guarderà a *Levante*, e la 24.ª a *Ponente;* la 4.ª guarderà a *Greco,* la 12.ª a *Scirocco,* la 20.ª a *Libeccio,* e la 28.ª a *Maistro.* Le divisioni intermedie ricevono nomi composti combinando variamente gli otto nomi testè rammentati.

Il seguente prospetto presenta i nomi dei trentadue rombi della rosa dei venti, i corrispondenti vocaboli adoperati dagli inglesi e dai francesi, e le abbreviature in uso per indicare gli otto venti principali.

NOMI ITALIANI.	NOMI INGLESI.	NOMI FRANCESI.
Tramontana . . . . . T	**North . . . . N**	**Nord . . : . . . . . . N**
Tramontana 1/4 Greco	N by E	N 1/4 N E
Greco-Tramontana	N N E	N N E
Greco 1/4 Tramontana	N E by N	N E 1/4 N
Greco . . . . G	**North-East. . . . . N E**	**Nord-Est . . . . . N E**
Greco 1/4 Levante	N E by E	N E 1/4 E
Greco-Levante	E N E	E N E
Levante 1/4 Greco	E by N	E 1/4 N E
Levante. L	**East . . . . E**	**Est. . . . . E**
Levante 1/4 Scirocco	E by S	E 1/4 S E
Scirocco-Levante	E S E	E S E
Scirocco 1/4 Levante	S E by E	S E 1/4 E
Scirocco . . . . S	**South-East . . . . . SE**	**Sud.Est . . . . . . S E**
Scirocco 1/4 Ostro	S E by S	S E 1/4 S
Ostro-Scirocco	S S E.	S S E
Ostro 1/4 Scirocco	S by E	S 1/4 S E
Ostro . . . . O	**South . . . . S**	**Sud . . . . S**
Ostro 1/4 Libeccio	S by W	S 1/4 S O
Ostro-Libeccio	S S W	S S O
Libeccio 1/4 Ostro	S W by S	S O 1/4 S
Libeccio. . . . . . Lib.	**South-West. . . . S W**	**Sud-Ovest. . . . . S O**
Libeccio 1/4 Ponente	S W by W	S O 1/4 O
Ponente-Libeccio	W S W	O S O
Ponente 1/4 Libeccio	W by S	O 1/4 S O
Ponente . . . . P	**West. . . . . W**	**Ovest . . . . O**
Ponente 1/4 Maistro	W by N	O 1/4 N O
Ponente-Maistro	W N W	O N O
Maistro 1/4 Ponente	N W by W	N O 1/4 O
Maistro. . . . . M	**North-West. . . . N W**	**Nord-Ovest. . . . N O**
Maistro 1/4 Tramontana	N W by N	N O 1/4 N
Maistro-Tramontana	N N W	N N O
Tramontana 1/4 Maistro	N by W	N 1/4 N O
Tramontana . . . . . T	**North. . . . . N**	**Nord. . . . . N**

Nell'interno della scatola della bussola nautica — che generalmente è inverniciato di bianco — si segna una linea nera alla quale si dà il nome di *linea di fiducia;* nel collocare stabilmente la bussola a bordo della nave si ha cura di disporre la bussola in modo che la linea di fiducia si trovi in un piano verticale passante per l'asse della punta che sostiene l'ago ed in direzione parallela alla chiglia. Quando la nave, obbedendo al timone, volge successivamente la prora a vari punti dell'orizzonte,

l'ago e quindi anche la rosa non partecipano a tali movimenti e si mantengono sempre nella direzione del meridiano magnetico, ma la linea di fiducia — segnata nella scatola della bussola — partecipa al moto generale della nave, perciò viene a presentarsi successivamente alle differenti divisioni della rosa; quella divisione che in un dato istante si trova di fronte alla linea di fiducia esprime la direzione della

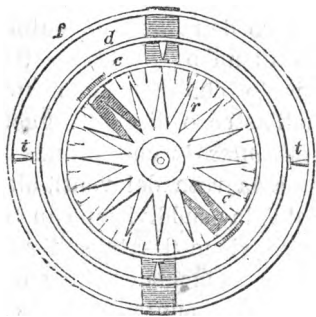



Fig. 76. Rosa dei venti.

chiglia e quindi anche la direzione della nave in quell'istante; se la linea di fiducia si trova di fronte, poniamo caso, al 6.° rombo, si dice che il bastimento naviga per *Greco-Levante*. Se allora il capitano ordina di cambiar direzione e di volgere la prora, ad esempio, verso *Scirocco*, il timoniere, che ha l'occhio fisso sulla linea di fiducia e la mano sull'impugnatura del timone, imprimerà a quest'ultimo il movimento necessario a far girare la nave quanto occorre perchè la linea di fiducia venga a mettersi di fronte al 12.° rombo; ei continuerà a fissare collo sguardo la linea di fiducia e di quando in quando

imprimerà qualche piccolo movimento al timone per ricondurre la linea di fiducia in faccia al 12.º rombo, perchè il vento, o le correnti marine, potrebbero far mutar direzione alla nave, ed al timoniere è affidato il cómpito di farla viaggiare continuamente pel 12.º rombo, ossia verso *Scirocco*, fino a tanto che il capitano con un nuovo comando non dispone diversamente.

Importa talvolta conoscere l' angolo orizzontale formato al centro della bussola dalla visuale diretta ad un astro o ad un oggetto terrestre col meridiano magnetico, angolo che astronomicamente si chiama *azimut* di quell'astro o di quell' oggetto. In tal caso si fa uso d' una *bussola* che prende il nome di *azimutale;* in essa la rosa dei venti, oltre ai trentadue rombi, presenta la suddivisione in 360 parti eguali (*gradi*); la rosa viene fissata sull' ago in modo che la 360ª divisione coincida colla punta boreale dell'ago e la 180ª colla punta australe, su due punti diametrali del coperchio sono piantati verticalmente due telai rettangolari d'ottone che diconsi *traguardi* — indicati con T nella figura 75 —; in ciascuno di essi è teso verticalmente un filo; il prolungamento di questi fili è segnato con una linea nera sulla parete interna della scatola della bussola; quest' ultima, unitamente alla sospensione cardanica che la sostiene, è girevole intorno ad un perno che prolungato passerebbe pel centro dell'ago. Quando si vuole far uso di questo strumento si applica l' occhio ad uno dei fili e si gira la bussola fino a che l'altro filo nasconde l'astro o l'oggetto di cui si vuol determinare l'*azimut;* questo si riconosce tosto osservando quanti gradi sono contenuti nell' arco di cerchio compreso

fra una delle due punte dell' ago e la più prossima delle due linee nere segnate sulla parete della scatola.

Chiuderemo questi cenni sulla bussola accennando che essa serve non di rado anche a terra e permette di *orientarsi* — ossia di stabilire la direzione dei quattro punti cardinali — al viaggiatore che deve inoltrarsi in qualche grande foresta, ove il folto degli alberi nasconde i paesi circostanti ed il cielo, ovvero agli operai d' una miniera (purchè non contenga ferro) che devono aggirarsi in quel labirinto di gallerie sotterranee.

Ritornando per un istante a discorrere dei fenomeni magnetici, vogliamo ancora far presenti alcune utili applicazioni dei medesimi:

« La calamita serve utilmente a sceverare le particelle di ferro da particelle d'altre sostanze colle quali si trovino meschiate. Nel lavoro dei metalli avviene, per esempio, che si abbia un miscuglio di limatura di ferro con limatura di ottone, o di rame, ecc. Ora, basta rotolarvi a più riprese una calamita, che le particelle di ferro vi si attaccano, e le altre rimangono. — Nelle fabbriche d'aghi da cucire gli operai che li aguzzano sarebbero esposti a gravissimi effetti in causa delle particelle di acciaio che sono scagliate intorno dalle mole. Tali minutissime particelle, introducendosi nei polmoni insieme coll' aria, vi producono un' irritazione che facilmente degenera in etisia. Si era creduto di rimediare a questo danno col porre alla faccia un velo, ma quella polvere è tanto sottile che vi passa attraverso. Il rimedio effi-

cace è di porre alla faccia una maschera di filo d'acciaio calamitato: questo coglie al volo, per così dire, le particelle di metallo nell' atto che passano per le maglie, e filtra in tal modo l'aria che l' operaio poi respira. — La proprietà dei magneti di agire anche attraverso ai corpi, fa sì che mediante un magnete possiamo produrre un movimento in un corpo che non possiamo toccare: e i Fisici ne cavan profitto per muovere certi pezzi di ferro in alcuni loro strumenti benchè tali pezzi siano imprigionati in un vaso, che deve rimaner chiuso».

La testè accennata proprietà dei magneti servì recentemente, a Mulhouse, ad eseguire un' interessante operazione chirurgica, della quale fecero menzione molti giornali parigini del 19 gennaio 1873. Una cucitrice aveva inghiottito pochi giorni prima un'ago infilato con una piccola gugliata di refe. Nel fare un rammendo aveva avuta l'imprudenza di mettersi l' ago fra le labbra: per una momentanea distrazione essa aperse la bocca e l'ago scivolò nell'esofago, gli sforzi fatti per farlo risalire ebbero effetto opposto, l'ago scese nello stomaco e passò negli intestini. Per due lunghi giorni la poveretta sofferse orribilmente disperando di guarire; ma in capo a questi il medico ebbe la felice idea di ricorrere ad una potente calamita, la appressò allo stomaco della paziente e forzò così l' ago a ritornare nello stomaco, e sollevando gradatamente la calamita lo fece risalire nel canale alimentare, introdusse in questo una sonda munita di calamita alla quale l'ago aderì prontamente. Di lì a poco l' ago ricomparì colla sua gugliata di refe!....

L'operatore chiamasi Ehrmann.

GLI AEROSTATI

I.

Le prime illusioni e l'ode di Vincenzo Monti. — La leggenda d'Icaro. — Le ali di Giambattista Dante. — Il padre Lana, il padre Galieno e Tiberio Cavallo. — Un poema dimenticato. — Il principio di Archimede. — L'aria calda e l'aria fredda. — Spiegazione scientifica dell'ascensione dei palloni. — I palloni a gas idrogeno puro e a gas illuminante. — La valvola, la navicella e la zavorra. — Impiego del barometro per la misura delle altezze. — Svantaggi delle mongolfiere. — Il paracadute.

Poche, al certo, furono le invenzioni che, come quella degli aerostati, eccitassero la sorpresa, l'ammirazione e l'universale emozione. Tutta Europa ad una voce applaudì con entusiasmo indicibile gli arditi navigatori che con intrepidità senza pari si slanciarono audacemente nell'aria ad

Occupar de' fulmini - l'inviolato impero.

L'orgoglio umano aveva infatti riportato un gran trionfo. L'uomo, andavasi ripetendo da tutte le bocche, ha conquistata l'atmosfera! quegli spazii nei quali l'occhio non trova limiti entrano oramai nel dominio umano! il mondo non ha più insuperabili barriere, gli abissi dello spazio si possono varcare!

Non poche di queste esagerate iperboli da secentisti si tenevano per certe, poichè nessuno avrebbe osato dubitare della possibilità di dirigere a pia-

cere in mezzo all' atmosfera le aeree navicelle, e il Monti terminava la mirabile sua ode coi versi:

> Che più ti resta? - Infrangere
> Anche alla Morte il telo,
> E della vita il néttare
> Libar con Giove in cielo.

Sbollito il primo entusiasmo, tutti i bei sogni che gli aerostati avevano fatti nascere svanirono, e la grande invenzione portò all' umanità vantaggi infinitamente minori di quelli che la fantasia le attribuiva nei suoi primordii.

Tuttavia il solo fatto d' un' ascensione nell' aria è tanto grande ed ardito che l' annuncio di tale spettacolo attira pur sempre migliaia di spettatori a contemplarlo.

Fin dalla più remota antichità l'uomo invidiò agli uccelli la possibilità di muoversi a piacere in mezzo all'atmosfera, ed è indubitato che molti ingegni siansi in ogni tempo occupati del volo aereo. La storia però non avendone conservata memoria, è da ritenere che i tentativi degli antichi sieno rimasti infruttuosi. La leggenda d'Icaro (1) è certamente un'allegoria, e quindi non ha alcuna importanza scientifica.

(1) Narra la mitologia che Dedalo, celebre meccanico ed architetto dell' antichità, costrutto il mirabile *labirinto* nell' isola di Creta, non potendo uscirne in altra guisa, fabbricasse per sè e pel figlio Icaro ali di cera, mercè le quali poterono entrambi sollevarsi nell'aria. L'incauto giovane, accostatosi di troppo al sole, ad onta delle raccomandazioni paterne, ebbe le ali liquefatte dai cocenti raggi, cadde in mare e vi perì.

Al risorgere delle scienze e degli studii, il problema tanto poetico del volo e della navigazione aerea occupò di bel nuovo le menti.

Narrasi che il distinto matematico perugino *Gian Battista Dante*, siasi sollevato nell'aria, sul finire del XV secolo, per mezzo d'ali artificiali applicate sul suo corpo, e che grazie ad esse rie scisse ad attraversare, volando, il lago Trasimeno; narrasi pure che, avendo ripetuta l'esperienza in una solenne occasione a Parigi, gli si spezzasse una delle ali e cadendo si rompesse una coscia. Nel 1684 un *padre Lana* gesuita consacrò il quinto capitolo del suo *Prodromo dell' arte maestra*, stampato a Brescia, alla descrizione di una navicella che a suo credere avrebbe navigato nell'aria, e veramente nelle sue parole si trovano accennate tutte le basi su cui si fondò poscia l'aerostatica. Nel 1755, il domenicano *Giuseppe Galieno* stampava ad Avignone l'*Arte di navigare per l'aria*, dove proponeva « di formare un globo di buona seta incerata o impeciata, ben contornato di corde, ripieno di un'aria più leggera della comune ». Più notevole è che, due anni prima (1781) che l'invenzione divenisse di dominio pubblico, come stiamo per dire, per opera di due francesi, un esperimento simile veniva fatto da un italiano, *Tiberio Cavallo*, a Londra, con un pallone di carta di tre o quattro piedi di diametro coperto di intestini di bue. Questo italiano aveva di già trovato il metodo di riempire il pallone di gas idrogeno. Vedete che l'idea di volare per l'aria occupò prima di tutti gl'ingegni nostrani. Per cui in un poema stampato nel 1803 a Milano, cui nessuno più ricorda, *l'Areo-*

stiade o *il Mongolfiero* di *Vincenzo Lancetti* si legge questa strofa:

Un Leonardo da Vinci, un Pier Martelli,
Un Lucïan più di questi antico,
Un Gallïeno faceto ed un Borelli,
Un Lana infin della natura amico,
E seco tanti che gli occulti e belli
Arcani rintracciaro, ch'io non dico,
Immaginare e dimostrar fur visti
Macchine e navi per cui l'aer s'acquisti.

La Francia, l'Inghilterra ed il Portogallo vantano pure scrittori che trattarono di simili argomenti, ed uomini audaci, che convinti della giustezza delle loro indagini, si slanciarono nell'aria e che poi cadendo rimasero più o meno malconci.

Fatto sta che i mezzi che venivano proposti, o non raggiungevano lo scopo o non erano esposti altrimenti che in teoria.

Archimede (1), uno dei più robusti ingegni del-

(1) Archimede nacque in Siracusa (Sicilia) circa 287 anni avanti l'êra volgare, fu profondo filosofo e matematico, arricchì la scienza di numerosi suoi trovati. — Narrasi che Jerone, re di Siracusa, dubitando di essere stato frodato da un orefice cui aveva commessa una corona tutta d'oro, si rivolgesse ad Archimede invitandolo a scoprire se la corona fosse d'oro puro o commisto ad argento. Archimede ci pensò dapprima inutilmente, ma poi un giorno, nel mentre prendeva un bagno, si avvide che rimanendo immerso nell'acqua perdeva parte del proprio peso; vuolsi che il suo entusiasmo per questa scoperta fosse tale da farlo escire di repente dal bagno e che corresse ignudo per la città gridando: *evreka, evreka*, che in greco significa ho trovato, ho trovato. Il lettore però non avrà trovato il

l'antichità, aveva scoperto che: « un corpo immerso in un fluido perde una parte del suo peso eguale al peso del fluido spostato »; tutti i fisici che gli succedettero insegnarono questa proposizione, che è nota sotto il nome di *Principio di Archimede*, ma nessuno pensava a trarne partito.

È ben facile il verificare sperimentalmente questo principio, e convincersi ad esempio che un corpo immerso nell'acqua risulta più leggero di quando è fuori. Un corpo immerso nell'acqua trovasi esposto all'azione di due forze opposte: la gravità che lo attrae verso il centro della Terra, e la spinta dell'acqua che, agendo dal sotto in su, tende a sollevarlo. Questo principio si verifica nei gas non meno

nesso fra questa scoperta e la corona di Jerone; lo troveremo tosto seguendo il ragionamento di Archimede: Se il corpo umano, immerso nell'acqua, perde parte del suo peso, ciò avviene perchè il corpo scaccia tutta l'acqua di cui occupa il posto; ciò si verificherà del pari per ogni altro corpo. Orbene, siccome l'oro è più denso dell'argento, il che vuol dire che a pari peso l'oro occupa minor volume dell'argento, così immergendo nell'acqua la corona dubbiosa ed una d'oro puro, dello stesso peso, la prima rimuoverà necessariamente maggior quantità d'acqua della seconda, se in luogo d'essere d'oro puro sarà commista ad argento. E per tal modo la frode venne svelata.

Siracusa, cinta d'assedio dalle legioni romane, prolungò lungamente la sua difesa mercè ingegnose macchine da guerra ideate da Archimede; tuttavia quando la città cadde in potere dei romani, Marcello, lor duce, ordinò fosse salva la vita di quel grand'uomo. Fatalmente quest'ordine non ebbe effetto. Un soldato — non conoscendo Archimede — lo trucidò a tradimento, mentre il filosofo stava tutto intento nei suoi calcoli.

che ne' liquidi. Per tal motivo quando si pesa un corpo nell'aria non si riconosce esattamente il suo peso, ma bensì il suo peso diminuito di quello dell'aria di cui occupa il posto; volendo conoscere il peso d' un corpo con iscrupolosa esattezza, sarebbe mestieri pesarlo nel vuoto.

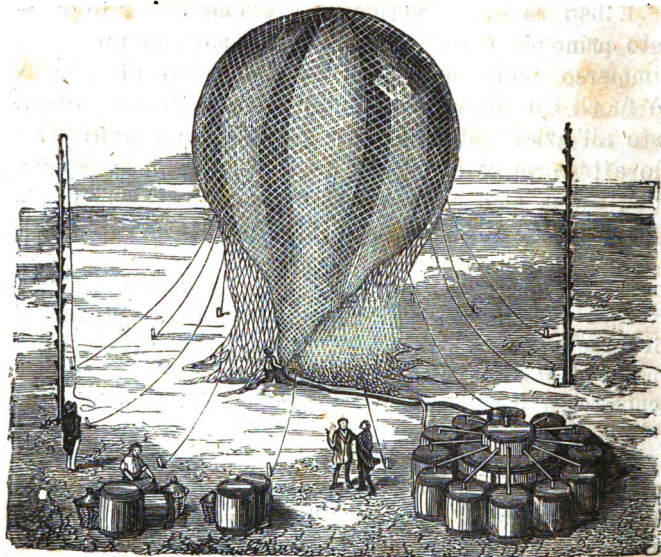



Fig. 77. Riempimento di un pallone a gas idrogeno.

Se un oggetto posto all' aria è più pesante dell' aria da esso scacciata, dovrà necessariamente cadere. Se la densità del corpo fosse precisamente la stessa dell' aria, in mezzo alla quale ei si trova, quel corpo si manterrebbe nell' aria senza muoversi punto, nulla lo obbligherebbe nè a salire nè a scendere. Se finalmente il corpo è più leggero dell'aria,

di cui occupa il posto, dovrà salire fino a che salendo ei si troverà in uno strato d'aria di densità eguale alla sua. Poichè, come abbiam detto parlando del barometro, la densità dell'aria decresce quanto più si sale; gli strati d'aria che rasentano la superficie della Terra sono i più pesanti, poichè sopportano la pressione di tutti gli strati d'aria sovrastanti.

Avvezzi come siamo tuttodì a veder cadere i corpi abbandonati a loro stessi, ci sembra strano il vedere un aerostato salire nell'aria, ma ciò non deve stupirci; i corpi che vediam cadere sono più pesanti dell'aria che li investe, mentre gli aerostati son più leggeri e perciò devono salire nell'aria alla stessa guisa di un pezzo di sughero che, immerso nell'acqua, si porta a galla non appena è abbandonato a sè stesso. Gli aerostati son globi, formati di tessuto leggero e impermeabile, ripieni di aria calda o d'altro, gas, i quali si sollevano nell'aria *perchè sono più leggeri dell'aria di cui occupano il posto.*

Molti avevano pensato teoricamente a questa conseguenza del principio d'Archimede; nel 1767 il fisico inglese Black, professore all'Università d'Edimburgo, insegnava pubblicamente nelle sue lezioni, che una vescica ripiena di gas idrogeno dovrebbe sollevarsi nell'aria, ma nè Black, nè altri, si curarono d'eseguire quest'esperienza, cui non si attribuiva importanza alcuna. Tutto l'onore dell'invenzione degli aerostati devesi perciò riserbare ai due fratelli *Stefano* e *Giuseppe Montgolfier*, che, come vedremo fra breve, chiamarono l'attenzione del mondo civile su quest'interessante argomento.

Il primo aerostato, quello dei Montgolfier, era ripieno d'aria calda, e perciò questo genere di pal-

loni si disse *mongolfiera*. Perchè poi l' aria calda è più leggera della fredda? È facile il convincersene: come la massima parte dei corpi (1), così anche l' aria si dilata pel calore, il che vuol dire che, quando è calda, occupa maggior volume di quando è fredda, e per conseguenza in un dato volume, come ad esempio nella capacità del pallone, ci sta tanta minor quantità d'aria quanto più è riscaldata.

Se la differenza fra il peso dell'aria calda contenuta nel pallone e l'aria fredda, di cui esso occupa il posto, è maggiore del peso della materia costituente il pallone, questo dovrà necessariamente salire; e continuerà a salire, traversando strati d'aria sempre più leggera, fino a tanto che il peso dell'aria calda contenuta nel pallone, aumentato del peso del pallone stesso, sarà minore del peso dell' aria spostata dal pallone. Spegnendo il fuoco acceso nel pallone per riscaldarvi l'aria, questa si raffredda, si condensa, ed altra aria fredda penetra nel pallone, ne aumenta il peso e perciò il pallone incomincia a discendere.

(1) Non tutti i corpi si dilatano per effetto del calorico; le argille, riscaldate, si restringono e conservano il restringimento anche dopo raffreddate; scaldate di nuovo, si dilatano come tutti gli altri corpi finchè non abbiano di bel nuovo raggiunta la temperatura che toccarono nel restringersi. La diminuzione di volume che si ha nei primi gradi di calore, è da attribuirsi in gran parte alla perdita di umidità, e infatti si trova che il peso delle argille diminuisce col riscaldamento; però la diminuzione di volume che si riscontra nelle alte temperature vuolsi tutta ripetere da una unione più intima che avviene fra i componenti delle argille (Zambra, *Fisica*, Milano, Vallardi, 1854, Vol. I, pag. 133).

Siccome poi l'aria, specialmente negli strati elevati, è quasi sempre in movimento, così tanto nella salita quanto nella discesa il pallone non si muove verticalmente ma ondeggia ora a destra ora a sinistra secondo spira il vento.

Con altrettanta semplicità si può rendersi conto dell'ascensione dei palloni ripieni di gas idrogeno. L'idrogeno puro è di molto più leggero dell'aria calda (1), e perciò un pallone sale ben più alto quando è ripieno di questo gas anzichè d'aria calda. Siccome poi i palloni a gas non sono aperti inferiormente come le mongolfiere, ma sono ben chiusi, così il gas non ne esce, ed il pallone abbandonato a sè stesso rimane costantemente negli strati superiori dell'aria; per farlo discendere è mestieri aprire un varco al gas e permettere all'aria di occuparne il posto.

Prima della invenzione di H. Giffard, di cui più innanzi diremo, non si riempivano i palloni con l'idrogeno puro perchè troppo costoso; si adoperava invece il gas illuminante, che è idrogeno bicarburato; a pari volume, esso pesa circa la metà dell'aria. Il riempimento del pallone riesce in tal caso facilissimo ed economico, bastando metterlo in co-

(1) Prendendo per unità il peso d'un determinato volume d'aria a 0°, si trova che l'egual volume d'aria pesa 0.96 a 10°, 0.84 a 50° e 0.72 a 100°, cosicchè anche mantenendo l'aria calda nell'interno della mongolfiera alla temperatura dell'acqua bollente, il che è ben difficile in mezzo alla fredda temperatura che si riscontra nelle alte regioni dell'atmosfera, non si potrebbe utilizzare per l'ascensione che un terzo all'incirca della differenza di peso fra l'aria calda della mongolfiera e la fredda dell'atmosfera; l'idrogeno puro è invece quattordici volte più leggero dell'aria.

municazione, mediante tubi, coi serbatoi della più prossima usina a gas.

L' involucro dei palloni componesi di lunghe strisce di stoffa di seta ricoperta di vernice di gomma elastica che rende impermeabile il tessuto, allo scopo di impedire le fughe di gas attraverso ai pori della stoffa. Una valvola, ideata dal fisico Charles, di cui parleremo fra non molto, è applicata alla parte superiore del pallone e permette all'aeronauta di aprire un varco al gas onde far discendere il pallone; poichè fino a tanto che la valvola è mantenuta aperta, il gas continua ad escire e l' aria fredda circostante penetra nel pallone e ne aumenta il peso. La navicella nella quale si colloca l' aeronauta, vien sospesa al pallone mercè una rete di funicelle che lo investe completamente. Un aeronauta prudente non si cimenta nell' aria senza una buona scorta di zavorra, che è sabbia racchiusa in sacchetti di tela; quando egli, discendendo, teme di andare a cadere sopra un lago, sopra un fiume, sul tetto di una casa, sopra un campanile o su qualsiasi altro punto pericoloso, getta alquanti sacchetti di sabbia. Allora, il pallone, trovandosi alleggerito di quella zavorra, risale per breve tratto, e, bastando il più leggero soffio di vento a sospingerlo a destra od a sinistra, l' aeronauta può scegliere il sito più opportuno in cui gli convien discendere: apre allora di bel nuovo la valvola onde liberarsi di un po' di gas e così il pallone ricomincia a discendere. — Si getta la zavorra quando si vuol salire, si lascia andare il gas quando si vuol discendere.

Volendo empiere il pallone coll' idrogeno puro si dispongono le cose nel modo indicato nella fig. 77.

In vicinanza al sito in cui vuolsi gonfiare il pallone, si collocano delle botticelle ripiene d'acido solforico diluito nell'acqua, contenenti inoltre dei ritagli di ferro o di zinco. Da tutte quelle botticelle partono altrettanti tubi che mettono capo ad un tino centrale, capovolto, con la bocca all'ingiù, immersa in un bacino pieno d'acqua.

Il ferro e lo zinco, a contatto coll'acido solforico diluito nell'acqua, svolgono innumerevoli bollicine di gas idrogeno misto ad acido solforico; quest'ultimo gas non è respirabile. È desso quel gas irritante che si sviluppa quando si abbrucia lo zolfo nell'aria; voi lo conoscete da un pezzo, perchè è quel gas che vi soffoca la respirazione quando accendete un zolfanello. Ed è appunto per purificare l'idrogeno che si fanno convergere nel tino centrale tutti i gas sviluppatisi nelle botticelle; il gas idrogeno purificato traversa un lungo tubo di tela verniciata, che lo conduce finalmente nel pallone.

Numerose funi trattenute da uomini o legate a piuoli piantati nel suolo impediscono al pallone di librare il volo prima dell'istante prestabilito. Terminati tutti i preparativi, si attacca la navicella sotto il pallone, l'aeronauta entra in essa con le sue provvigioni, e, ad un suo cenno, tolti tutti i legami, il pallone si innalza maestosamente nell'aria.

Sarebbe imperdonabile imprudenza il gonfiare completamente il pallone, poichè, come abbiam detto più volte, la pressione atmosferica diminuisce quanto più alto si sale. Diminuendo l'esterna pressione, il gas contenuto nel pallone si dilaterebbe per la sua forza espansiva (tutti i gas tendono sempre a tanto più dilatarsi quanto meno sono premuti), gonfierebbe

di più in più il pallone; mancando al gas altro posto per espandersi, la pressione interna non tarderebbe a squarciare il sottile involucro costituente il pallone, e l'incauto aeronauta precipiterebbe al suolo.

È egli necessario dimostrarvi la notevole superiorità degli aerostati a gas idrogeno in confronto di quelli ad aria calda? Militano contro questi ultimi, e quindi a favore dei primi, la tenue differenza che passa fra la densità dell'aria calda e della fredda, la necessità di continuamente alimentare e sorvegliare il fuoco, e per ultimo il pericolo, sempre grandissimo, dell'incendiarsi del pallone. Per tutte queste ragioni non vedrete che ben di rado ascensioni entro a mongolfiere, ma il più sovente con palloni a gas illuminante od a gas idrogeno puro.

Un pallone alto 15 metri, del diametro di 11 metri, della capacità di circa 700 metri cubici, ripieno di gas illuminante, servirebbe a sollevare tre persone, computando a circa 100 chilogrammi il peso dell'involucro e 50 quello della rete, delle navicelle e dei piccoli accessorii. Ma ultimamente si è riuscito a diminuire di molto il peso inutile, siccome vedremo essersi ottenuto durante l'assedio di Parigi.

Per riconoscere le varie altezze a cui giunge, l'aeronauta si serve del barometro, poichè come abbiam detto precedentemente la colonna barometrica si abbassa grado grado, per la diminuzione della pressione atmosferica, quanto più alto si sale. Se per una circostanza qualunque il pallone non presenta più durante il viaggio aereo le necessarie condizioni di sicurezza, l'aeronauta discende dalla navicella del pallone nella navicella appesa al *paracadute*. Questo è un apparato destinato a garantire

la discesa da ogni pericolo; tagliando la fune che lega il paracadute al pallone, l'aeronauta discende col solo paracadute e può toccar terra senza il menomo accidente. Fino ad ora però, per quanto ci consta, non vi fu mai il caso d'adoperare il para-

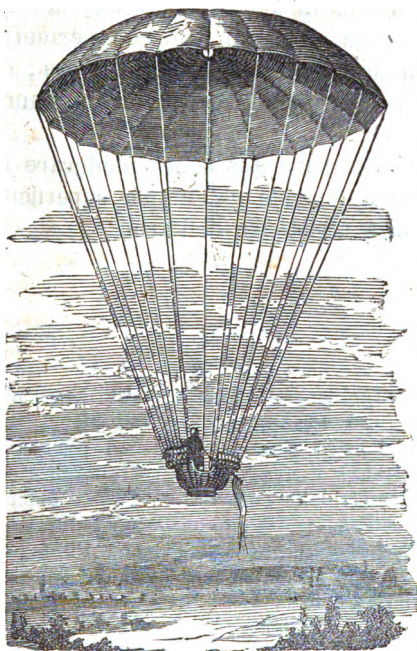



Fig. 78. Paracadute.

cadute come mezzo di salvezza durante un viaggio aereo; esso non servì che agli aeronauti di professione per far meravigliare il pubblico coll'attraente spettacolo d'un uomo che coraggiosamente precipitasi nello spazio da enormi altezze.

Il paracadute, rappresentato dalla figura 78, è una specie di ampio parasole di circa dieci metri di diametro composto di trentasei settori di seta cuciti insieme e riuniti in cima ad un anello di legno, dal quale pendono le corde cui è appesa la navicella destinata a ricevere l'aeronauta. Nell'alto del paracadute vi ha un foro che permette all'aria, compressa dalla rapidità della discesa, di sfuggire liberamente senza imprimere scosse dannose all'apparato.

La virtù del paracadute nel moderare la rapidità della discesa, dipende dall'ampia superficie che esso presenta alla resistenza dell'aria.

II.

I fratelli Montgolfier. — Primi tentativi. — Pubblico esperimento eseguito ad Annonay. — Impazienza dei Parigini. — Abilità del fisico Charles. — Primo pallone a gas idrogeno. — Speranze di una vecchia. — Ignoranza contadinesca. — Provvedimenti delle autorità. — Prima mongolfiera lanciata a Versailles. — Un montone, un gallo ed un'anitra, primi viaggiatori aerei. — Entusiasmo di Pilâtre des Roziers, suo primo viaggio aereo col marchese di Arlandes. — Ascenzione di Charles e Robert. — Primi viaggi aerei a Lione, a Milano ed a Londra.

Come abbiamo detto precedentemente, il primo pallone fu lanciato nell'aria per merito dei due fratelli Giuseppe e Stefano Montgolfier, ricchi fabbricanti di carta nel piccolo paesetto di Annonay nel Vivarese (che oggi è il dipartimento dell'Ardèche) in Francia. Studiando la fisica riconobbero che tanto l'aria calda

quanto tutti i gas più leggeri dell'aria, all'ordinaria temperatura, devono sollevarsi nell'atmosfera per la loro densità minore di quella dell'aria circostante, e che questa minor densità potrebbe servire a sollevar nell'aria anco un involucro che contenesse quell'aria calda. Detto fatto, costrussero un piccolo pallone di seta, di capacità minore di due metri cubi, vi adattarono un braciere, e l'aria calda non tardò a sollevare quell'apparecchio fino al soffitto della stanza in cui si fece questo primo esperimento (novembre 1782). Ripeterono l'esperimento all'aria aperta con pallone di maggiori dimensioni; e questo, rotte le funi che lo legavano, salì nell'aria a grande altezza con somma gioia dei due fratelli; il buon esito li animò a rinnovare la prova in presenza dei loro concittadini.

Il dì 5 giugno 1783 un'estatica moltitudine si accalcava nella maggior piazza d'Annonay, e vi contemplava la macchina aerostatica formata di tela grossolana foderata di carta. La macchina portava verso il basso un braciere sul quale fecesi ardere paglia e lana: in brevi istanti l'aria riscaldandosi gonfia il pallone, il quale aumentando in volume e diminuendo in peso diviene più leggero dell'aria, e si solleva maestosamente in pochi minuti fino all'altezza di ben cinquecento metri. Applausi frenetici salutarono l'ascensione della macchina, ed onorarono nel tempo stesso l'intelligenza e l'abilità dei due fratelli.

Le autorità del Vivarese che avevano assistito all'esperienza ne stesero immediatamente processo verbale, cui inviarono all'Accademia delle scienze a Parigi; e questa vi chiamò a sue spese Giuseppe

Montgolfier a ripetervi l'esperienza nella grande metropoli.

Parigi, impaziente di godere del nuovo spettacolo, non volle aspettare l'arrivo degl' inventori. Con una pubblica sottoscrizione si raccolsero in pochi giorni dieci mila franchi; un valente professore di fisica, Charles (1), presiedette alla fabbricazione del pallone, che venne eseguito nello stabilimento dei fratelli Robert, costruttori d'apparati di fisica.

Nessuno ancora conosceva qual gas avesse servito ai Montgolfier per l'ascensione d'Annonay; sapevasi soltanto che quel gas pesava circa la metà dell'aria atmosferica: Charles pensò che il gas idrogeno che è ben più leggero (poichè infatti pesa quattordici volte meno dell'aria) servirebbe, a più forte ragione, a far salire un pallone che ne fosse ripieno.

Era il 27 agosto 1783, quando le entusiastiche grida di trecentomila spettatori salutavano l'ascensione del pallone ripieno di gas idrogeno, che partiva dal cortile del real palazzo delle Tuileries. — Narrasi che una vecchia dama che assisteva all' ascensione esclamasse piangendo: « *Come è grande l' ingegno umano! non dubito che un giorno si troverà modo di prolungare la vita indefinitamente; ma a che pro', s'io allora sarò morta!* »

Questo primo pallone a gas idrogeno ne era stato riempito ben più del necessario, e perciò non tardò a verificarsi il fenomeno già accennato: quando il pallone, giunto a grande altezza, si trovò premuto dall'aria circostante con molto minor forza di quando trovavasi presso a terra, il gas — che per ciò ap-

(1) Nato a Nancy nel 1746, morto a Parigi nel 1828.

punto tendeva ad espandersi con tanta maggior forza — squarciò il sottile involucro, ed il pallone precipitò nella sottostante campagna. I contadini, che videro cadere quella massa informe, non sapevano indovinare cosa fosse, la credettero un mostro, e la crivellarono di fucilate. Il gas, che continuava ad escire dalle larghe ferite del pallone, spandeva fetido odore che aumentava lo stupore degli attoniti contadini; quando finalmente, uscito tutto il gas, si persuasero che ogni pericolo era scomparso, attaccarono il pallone alla coda di un cavallo e lo fecero viaggiare pei campi. In breve il pallone scomparve ridotto in mille brani.

Onde impedire il rinnovarsi di scene consimili, il governo francese credette opportuno pubblicare un'*avvertenza al popolo sull'ascensione dei palloni nell'aria.*

Intanto lo stesso inventore, Giuseppe Montgolfier, arrivava a Parigi, e vi costruiva un immenso pallone ad aria calda, alto 57 piedi, ed avente 41 piedi di diametro, decorato splendidamente con dipinti e dorature. Quando fu ultimato, lo si trasportò alla vicina Versailles, ove Montgolfier rinnovò, il giorno 19 settembre 1783, in presenza della famiglia reale, l'interessante esperienza già eseguita ad Annonay. Questa *mongolfiera* sollevò nell'aria, entro una gabbia di vimini appesa alla sua parte inferiore, un montone, un gallo ed un'anitra. Questi primi navigatori dell'aria fecero viaggio felicissimo, e dopo essere saliti a grande altezza, calarono a terra insieme col pallone senza alcun accidente.

Il buon esito di queste belle esperienze stimolò Montgolfier a preparare un pallone che potesse ri-

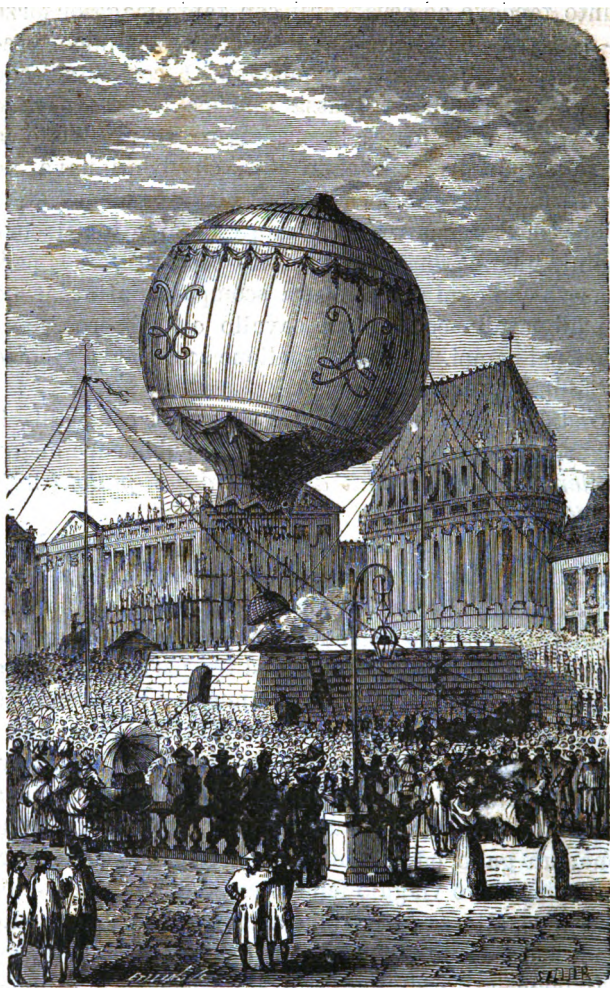



Fig. 79. Esperienza aerostatica eseguita a Versailles dai fratelli Montgolfier, il 19 settembre 1783.

cevere degli uomini. A tal uopo costrusse tutt'intorno alla parte esterna dell'orificio del pallone una specie di galleria circolare, intessuta di vimini e rivestita di tela. Un giovane amante degli studii fisici, Pilâtre des Roziers, ed un ufficiale, il marchese d'Arlandes, ebbero l'ardire d'avventurarsi in quella pericolosa navicella.

Fig. 80. Pallone
del marchese d'Arlandes.

Montgolfier stesso ed il re Luigi XVI erano esitanti; e specialmente il secondo non avrebbe voluto accordare a quei due arditi il permesso di imprendere l'aereo tragitto; il re accondiscendeva tutt'al più a lasciar partire, in via di prova, due galeotti. Ma Pilâtre des Roziers, indignatosi, esclama: « E che! vili delinquenti dovrebbero godere per primi la

gloria d'essersi innalzati nell'aria! no, no, ciò non può andare! » Scongiura, supplica, si agita in tutti i modi possibili, si rivolge alle persone più influenti a corte ed ottiene finalmente il permesso reale.

Il 21 ottobre 1783 essi si slanciarono nell'aria nel pallone appositamente costrutto da Stefano Montgolfier, delineato nella figura 80. Il loro viaggio aereo fu felicissimo, e quando discesero furono portati in trionfo dal popolo.

Di lì a non molto, il 1.° dicembre 1783, questa bella esperienza ripetevasi con un pallone ripieno di gas idrogeno, sistema molto meno pericoloso di quello delle mongolfiere, ed una folla immensa acclamava la partenza, dal giardino delle Tuileries, del fisico Charles e del meccanico Robert. Due ore dopo, essi discendevano sur una prateria distante nove leghe da Parigi; ed anco questa volta gli arditi aeronauti ricevettero dal pubblico non dubbie prove di ammirazione e d'entusiasmo.

Questo viaggio nei cieli del fisico Charles segna una data importantissima nella storia che ci occupa; poichè in tale incontro egli ideò tutti quei mezzi di cui fecesi uso dappoi nei viaggi aerei; egli ideò cioè la valvola che, aprendosi, lascia fuggire il gas e permette la discesa dell'aerostato; concepì il pensiero della navicella in cui collocasi l'aeronauta; pensò alla zavorra, col getto opportuno della quale moderasi la velocità della discesa; adottò la vernice di gomma elastica, che, applicata sulla serica stoffa del pallone, impedisce le fughe del gas idrogeno, ebbe inoltre la felicissima idea d'adoperare il barometro per misurare l'altezza a cui si giunge col pallone, poichè quanto più si sale nell'atmosfera

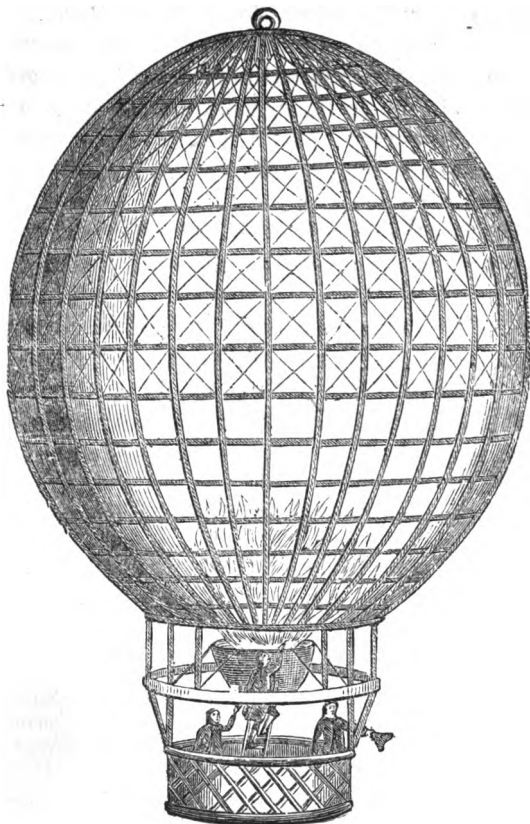



Fig. 81. Mongolfiera lanciata a Milano il 25 febbraio 1784, montata dal cavaliere Andreani e dai fratelli Gerli. (Quarto viaggio aereo).

tanto più piccola riesce l'altezza della colonna barometrica, la quale, giova ripeterlo, si abbassa al diminuire della pressione dell'aria atmosferica.

Lione non volle esser da meno di Parigi; tutti i lionesi concorsero volonterosi ad una sottoscrizione, col cui ricavo si costrusse una stupenda mongolfiera istoriata, che fu detta *le Flesselles*. Con essa ebbe luogo, il 17 gennaio 1784, il terzo viaggio aereo, cui presero parte sette persone.

Il quarto viaggio aereo si effettuò in Italia il 25 febbraio 1784, grazie al cavaliere *Andreani*, che fece preparare una magnifica mongolfiera dai *fratelli Gerli*. I milanesi furono testimonii della di lui ascensione, che non presentò d'altronde nessuna circostanza che meriti d'essere ricordata.

Fu pure un italiano, *Vincenzo Lunardi*, il primo che abbia dato in Inghilterra lo spettacolo d'una ascensione aerea, la quale ebbe luogo in Londra il 14 settembre 1784. Non andò guari che il suo esempio venne imitato su molti punti delle isole Britanniche non meno che sul continente.

III.

Viaggio aereo di Blanchard e Jeffries traverso la Manica. — Eroica proposta di Jeffries. — Un sorriso della fortuna. — Splendida accoglienza a Calais. — Sistema misto inventato da Pilâtre des Roziers. — Sua infelice riuscita. — Morte dell'inventore. — Ironia della sorte. — Tenacità degli inventori.

Un aeronauta francese, per nome Blanchard, fu il primo ad imprendere realmente un lungo viaggio aereo. Egli concepì l'arditissimo pensiero di recarsi in pallone da Douvrés a Calais, di varcare cioè traverso l'atmosfera il braccio di mare che separa l'Inghilterra dalla Francia.

Il 7 gennaio 1785, Blanchard partì infatti da Douvres ad un'ora pomeridiana in compagnia di un irlandese, il dottore Jeffries; ma appena furono ad un terzo circa del tragitto, il pallone a gas idrogeno, sul quale erano saliti, incominciò a discendere; per rimediarvi, essi fecero getto in prima della zavorra e poscia dei cibi che avean portati per rifocillarsi durante il viaggio; parve che il pallone risalisse, ma non tardarono molto ad accorgersi, osservando l' alzarsi della colonna barometrica, che il pallone discendeva di bel nuovo a causa delle fughe di gas traverso la stoffa del pallone. Gli audaci navigatori, che erano ancora discosti dalle sponde di Francia, in preda alle più terribili angosce, fecero getto degli strumenti di cui si erano muniti, dei cordami e persino dei loro vestiti, di tutto quanto insomma avrebbe potuto contribuire ad impedire la loro caduta nelle onde. — Ma il pallone continuava a discendere.

Dicesi che in quell'istante supremo il dottore Jeffries offrisse, con nobile eroismo, di gettarsi in mare per salvare il suo compagno.

Restava un' ultima risorsa: sbarazzarsi della navicella ed avvinghiarsi alle corde del pallone. Già stavano per mettere in atto quest'idea, quando un sorriso della fortuna fece venire in loro aiuto una buffata di vento che, pur spingendo il pallone verso la Francia, lo fece salire alquanto. Le angosce degli aeronauti dissiparonsi in breve alla vista di Calais, cui andavansi avvicinando. A tre ore pomeridiane il pallone toccava terra in una boscaglia poco discosta da Calais. Entrati in città vennero ricevuti splendidamente; il governatore accordò a Blanchard, con

apposito diploma, il titolo di cittadino onorario di Calais, e per commemorazione del fatto, il suo pallone venne depositato nella chiesa principale della città.

Pochi mesi dopo, la morte rapiva il fisico *Pilâtre des Roziers*, mentre, dopo varie ascensioni felici, avea voluto imitare l'audace tentativo di Blanchard. Ripromettendosi vantaggi grandissimi, ei volle congiungere in un solo sistema i due mezzi di cui servivasi l'aerostatica: concepì ed eseguì un pallone a gas idrogeno, al quale stava appesa una mongolfiera; il 15 giugno 1785 montò nel suo apparato con l'intenzione di varcare la Manica in un tratto ancor più ampio di quello percorso da Blanchard. La macchina salì dapprima a quattrocento metri circa; ma, giunta a quell'altezza, uno sconcerto della valvola causò l'uscita del gas idrogeno che lasciò vuoto affatto il pallone superiore, il quale cadde sulla mongolfiera; non potendo questa reggere tale aumento di peso, dovette discendere, e la discesa fu sì precipitosa che Pilâtre des Roziers cadde a terra privo di vita. — Per una triste ironia della sorte, la morte di Roziers avvenne a pochi passi dal luogo in cui pochi mesi prima era felicemente disceso Blanchard al termine del suo viaggio aereo traverso la Manica.

Il triste caso non valse a frenare il crescente entusiasmo per questi viaggi pericolosi, e pur troppo la nuova invenzione ha già mietute molte vite senza recare all'umanità quasi alcun vantaggio.

IV.

GLI AEROSTATI NELLE GUERRE.

Scarsità d'acido solforico e suggerimento scientifico per supplirvi. — L'idrogeno puro ricavato dall'acqua. — Il capitano Coutelle e la compagnia degli aerostatieri a Maubeuge, a Fleurus ed a Magonza. — La campagna aerostatica d'Egitto resa impossibile dagli Inglesi. — Gli aerostati al bombardamento di Venezia. — La guerra d'America e le ricognizioni dell'aerostatiere La Mountain.

Un valente chimico francese, Guyton de Morveau, propose nel 1794 di far uso in guerra di palloni *imbrigliati* ossia trattenuti da corde; abili osservatori avrebbero dominato dall'alto le posizioni e le mosse dell'inimico. La proposta venne accolta favorevolmente dal Comitato di Salute Pubblica, il quale la accettò con la sola riserva che non si dovesse sciupare l'acido solforico per ricavarne il gas idrogeno occorrente per riempiere il pallone. — L'acido solforico aveva a quei tempi un'importanza particolare, poichè esso si ricava dalla combustione dello solfo, e lo solfo, indispensabile per la fabbricazione della polvere da cannone, era allora molto scarso e molto ricercato in Francia, appunto per le guerre che essa combatteva. La scienza, consultata, trovò modo di produrre l'idrogeno indipendentemente dall'acido solforico, decomponendo l'acqua ne'suoi due elementi mercè il ferro rovente.

L'acqua è una combinazione di due gas, l'ossigeno e l'idrogeno; orbene, l'esperienza fece conoscere che,

dirigendo un getto di vapore acqueo sopra ritagli di ferro arroventati, quel vapor acqueo si decompone, l'ossigeno si combina col ferro e fórma un ossido di ferro che tutti conosciamo: la *ruggine,* mentre l'idrogeno rimasto libero si svolge allo stato di gas, e può esser quindi raccolto in appositi recipienti, o passare direttamente nel pallone per mezzo di tubi.

Quest'esperienza era già stata fatta in piccola scala dal chimico Lavoisier, il quale la rinnovò in grandi proporzioni per invito di Guyton de Morveau. La nuova esperienza sortì esito felicissimo; ed il Comitato, che ne riconobbe il pregio, decretò la formazione d'una compagnia di aerostatieri sotto il comando del fisico Coutelle, che fu nominato capitano. Questi, dopo aver studiato minutamente ogni particolare, si diresse verso l'esercito del Nord e giunse a Maubeuge, che era già assediata dagli Austriaci.

Coutelle non perde un minuto, pianta all'aria aperta il suo laboratorio chimico in mezzo all'accampamento, nell'interno della città assediata. In breve il gas idrogeno è sviluppato, il pallone gonfiato sale nell'aria portando seco l'animoso Coutelle. Il pallone è imbrigliato, ovverosia è mantenuto mediante funi i cui estremi stanno nelle mani degli aerostatieri, che impediscono al pallone di allontanarsi e di sollevarsi oltre ad un certo limite; dopo pochi istanti il pallone è già preso di mira dai colpi nemici. Una palla che forasse il leggero inviluppo del pallone, aprirebbe un varco al gas e produrrebbe la caduta dell'aerostato; ma Coutelle si mantiene impavido nell'aria per più ore, domina dall'alto i lavori degli assedianti e fornisce preziose notizie al

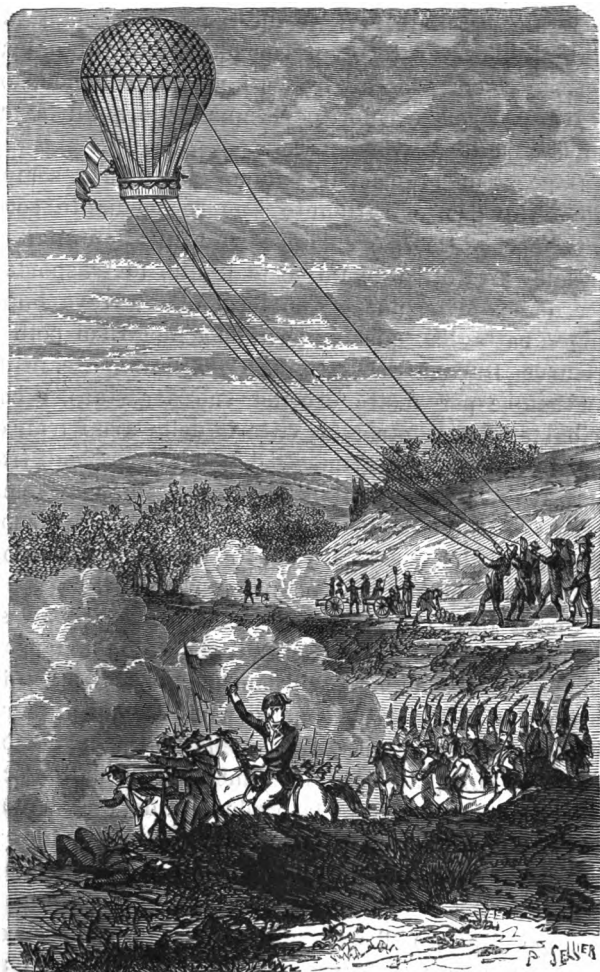



Fig. 82. Coutelle, dall' alto del pallone prigioniero, scambia segnali coi generali francesi alla battaglia di Fleurus.

generale assediato. Per le intelligenze fin da prima stabilite, l'osservatore corrispondeva dall'alto del suo aerostato, coi generali francesi, mediante banderuole di varia forma e colore, ciascuna delle quali aveva un significato convenzionale.

Dopo alcuni giorni, il pallone mantenuto sempre ripieno di gas, e trattenuto sempre mediante corde dagli aerostatieri, onde impedirgli di allontanarsi e di sollevarsi oltre ad un certo limite, fu trasportato per dodici leghe fino a Charleroi ove doveva impegnarsi battaglia: questa infatti ebbe luogo sui colli di Fleurus. Durante la battaglia Coutelle rimase in osservazione per molte ore nel suo aerostato, e contribuì efficacemente alla vittoria delle armi francesi con le notizie sui movimenti dell'inimico ch'egli trasmetteva a terra mediante segnali. Qualche tempo dopo Coutelle e la sua compagnia furono diretti sopra Magonza, allora assediata dai Francesi, e lì pure Coutelle fece frequenti ricognizioni aerostatiche.

Finita quella campagna e mentre preparavasi segretamente l'impresa d'Egitto, il generale Buonaparte, che aveva il comando supremo della spedizione, decretò che dovessero prendervi parte anche gli aerostatieri. Questi partirono a quella volta, ma il bastimento sul quale era stato imbarcato il pallone con tutti gli apparecchi per la produzione del gas divenne preda degli Inglesi, e il generale dovette quindi rinunciare, suo malgrado, a questo importante ausiliario.

Dopo d'allora l'arte militare lasciò trascorrere lunghi anni senza trarre alcun vantaggio dagli aerostati.

Gli Austriaci che assediavano Venezia nel 1849

costrussero dei palloncini, ciascuno dei quali portava una bomba, pesante da 24 a 30 libbre, guernita di miccia cui davasi il fuoco nel mentre il pallone incendiario veniva lanciato nell'aria. Questo genere di attacco ebbe luogo al 22 giugno, ma il vento, sul quale erasi contato per spingere i palloni sulla città assediata, mutò repentinamente, e le bombe scoppiarono invece sul campo degli assedianti.

Nella guerra d'America gli aerostatieri furono vantaggiosamente impiegati dal governo degli Stati Uniti per spingere dall'alto facili ricognizioni sul campo nemico. Un aeronauta americano ebbe la felice idea di portare nella navicella del suo pallone, mantenuto prigioniero, un apparecchio telegrafico, il quale, mercè il relativo filo, comunicava direttamente con una stazione telegrafica stabilita al quartier generale.

Nel settembre 1861, un ardito aeronauta americano, per nome La Mountain, fornì, in seguito ad un'ascensione aerea, importantissime notizie al generale Mac-Clellan. L'aeronauta La Mountain partì dal campo stabilito sul Potomac, e passò al di sopra di Washington trattenuto a terra mediante funi. Ma non trovandosi bastantemente alto per dominare completamente il paese, tagliò coraggiosamente le funi che tenevano prigioniero il pallone e salì fino all'altezza di 1500 metri all'incirca. Spinto dal vento, ei si trovò allora al disopra delle file nemiche, delle quali potè, con tutto agio, studiare le posizioni, i movimenti e le forze. Dopo aver gettata alquanta zavorra, potè spingersi ancor più in alto, trovò una corrente d'aria propizia che lo allontanò dal campo nemico, discese felicemente senza ostacoli a Maryland, e di là trasmise il risultato della sua ricognizione al generale Mac-Clellan.

V.

Gli aerostati postali durante l'assedio di Parigi. — I piccioni viaggiatori. — Il *Journal officiel* convertito in una zampa di mosca — Misera fine dell'aerostato *Daguerre*. — Miglior sorte del *Niepce*. — Posizioni critiche. — L'uomo della foto-microscopia è riuscito a salvarsi. — Cinquantamila dispacci per ogni colombo. — Due milioni e cinquecento mila dispacci mandati in un mese. — Due meraviglie che non si corrisposero. — Viaggio avventuroso in Norvegia.

L'assedio di Parigi del 1870 ha dato un novello ed energico impulso a tutte le esperienze, a tutte le ricerche aerostatiche, ed ha rimesso in moto la falange dei cercatori di navigli aerei, legione indefinita, e che non erasi, a quanto pare, che momentaneamente addormentata. I giornali francesi, anche i più serii, dilungaronsi assai nelle più minute descrizioni di tutti i viaggi aerei tentati dai loro aeronauti durante l'assedio. Gli aerostati furono specialmente impiegati pel servizio postale fra Parigi e le provincie. Dal 23 settembre 1870 al 28 gennaio 1871 partirono da Parigi cinquantaquattro aerostati postali che complessivamente trasportarono due milioni e cinquecento mila lettere, rappresentanti il peso totale di diecimila chilogrammi, un centinaio di persone oltre agli intrepidi aeronauti, e trecento cinquantaquattro piccioni.

Altri dieci aerostati, fra i quali il *Volta* (1 dicembre 1871), del quale riparleremo più innanzi, partirono da Parigi durante quel periodo di tempo per altri scopi; sicchè il numero totale degli aerostati

partiti da Parigi durante l'assedio fu di sessantaquattro. E cinque soltanto furono presi a schioppettate, più o meno malconci o fatti prigionieri; due appena si perdettero nel mare.

Gli aerei viaggiatori si trovarono esposti ai più gravi pericoli, alle più forti emozioni, non tanto per l'infuriare degli elementi quanto per le persecuzioni che sovr'essi venivano esercitate dall' esercito prussiano. Narrasi d'un piccione, partito il 12 ottobre col pallone *Washington*, che sarebbe rientrato a Parigi solamente il 5 dicembre, vale a dire quasi due mesi dopo; tanto potè lo sgomento su quel viaggiatore alato! E difatti quell' aerostato, partito da Parigi alle otto e mezzo del mattino, veniva tosto lanciato in direzione nord colla velocità di 15 leghe all'ora; attraversava gli avamposti prussiani in mezzo ad una viva fucilata, i cui proiettili fischiavano ad 800 e 900 metri d'altezza, sì che i viaggiatori non avevano potuto trovar sicurezza che a 1100 metri. Uguale accoglienza fu trovata a Chantilly, Senlis, Compiègne, Noyon, ed il fuoco nemico cessò solamente a qualche distanza da Ham. Verso le undici e mezzo l'aerostata discese a Cornières, presso Cambrai, in causa d' un vento furioso, e gli aeronauti riportarono non lievi contusioni. Ma le popolazioni premurosissime accorsero in loro aiuto, ed il sindaco di Cambrai li accolse in casa sua.

E fu appunto per provvedere in gran parte al novello pericolo della persecuzione mossa dall' esercito prussiano agli aeronauti, considerati come spie, che l'amministrazione delle poste, d'accordo col governatore di Parigi, aveva dapprima deciso che i suoi palloni non sarebbero più partiti che di notte e

con grande segretezza. Il vantaggio che si credette di ritrarre era quello d'impedire che tali partenze fossero segnalate al nemico, ma si aveva per contro più d'un inconveniente: chè nella notte le correnti aeree erano assai meno pronunziate che di giorno, e le manovre aerostatiche riuscivano ben più difficili; la lettura del barometro, codesto meraviglioso strumento che indica così esattamente le altezze, e che è, può dirsi, la seconda bussola dell'aeronauta, la lettura del barometro è assolutamente impossibile nell'oscurità dei viaggi notturni, poichè nessuno si arrischierebbe ad accendere in pallone alcun lume, neppure una lampada Davy, in causa dei pericoli di esplosione.

Tutti i racconti pubblicatisi di tanti viaggi aeronautici assai si rassomigliano fra loro; ciò non pertanto merita di preferenza un rapido cenno il viaggio dell'aerostata *Niepce*, perchè segnò le prime vicende della posta fotografica.

Due aerostati partirono da Parigi il 12 novembre verso le nove antimeridiane; partirono insieme, ma non era per tutti due riservata la buona fortuna. Il *Niepce* portava il fotografo Dagron, l'ingegnere Fernique, il pittore Poisot, genero e collaboratore di Dagron, il preparatore fotografico Gnocchi, e l'allievo aeronautico Pagano, oltre a seicento chilogrammi circa di apparecchi del signor Dagron del valore di oltre a diecimila lire. L'aerostato *Daguerre* portava con sè tre viaggiatori, la corrispondenza postale, i piccioni, ed altri apparecchi del signor Dagron.

Trattavasi di stabilire in provincia un servizio di dispacci foto-microscopici che dovevano inviarsi a Pa-

rigi per mezzo di piccioni-viaggiatori. Come è noto, ciascun aerostato portava una gabbia con quattro, sei, otto, venti o trenta piccioni viaggiatori (a seconda del numero di cui potevasi disporre), e l'invio dei dispacci nell'interno di Parigi eseguivasi appunto sotto forma di fotografie microscopiche fissate, in rotolini di carta piccolissimi, alle piume di quei messaggeri. Volevasi anzi che un sol piccione, partendo da una città di provincia scelta come centro di comunicazione fra Parigi e Francia, attraversando od eludendo quel cerchio di ferro e di fuoco che stringeva la capitale, riuscisse a portarvi ben diecimila dispacci da 12 a 15 parole ciascuno. Pensate, o lettori, di quanto doveano essere ridotti di volume e di peso! La fotografia microscopica poteva solamente risolvere il problema; e fu il signor Dagron, di cui ora raccontiamo l'aereo viaggio, che concepì la meravigliosa idea, e la rese praticamente applicabile (1).

(1) L'idea della posta fotografica, come tutte le idee felici, è nata in molte teste ad un tempo; il signor D'Almeida, professore di fisica al liceo *Corneille*, pare se ne occupasse già da qualche tempo; chè due mesi prima aveva comperato dal signor Dagron uno de' suoi magnifici apparecchi di fotografia, ed esercitavasi a far riduzioni ed a leggerle. I giornalisti Lacoin, Eugenio Foull, Carlo Boissay, avevano essi pure richiamato su questo soggetto l'attenzione dell'Amministrazione delle poste. Ma non trattavasi insomma che di saggi o di progetti. Il dottore Worms non tardò ad accorgersi che l'uomo della posta micro-fotografica doveva essere il signor Dagron; ed a qual proporzione, gli disse un bel giorno, vi sentireste di ridurre colla foto-microscopia tutta una pagina del *Journal officiel?* — Alla superficie d'un millimetro quadrato, a meno ancora, ad una zampa di mosca, ad un punto

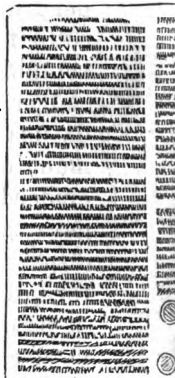
Quando partirono i due aerostati, il vento spingeva all'est; direzione tutt' altro che favorevole; ma si

LA POSTA FOTOGRAFICA DURA

Fig. 83. Fac-simile dei primi dispacci mandati coi piccioni.

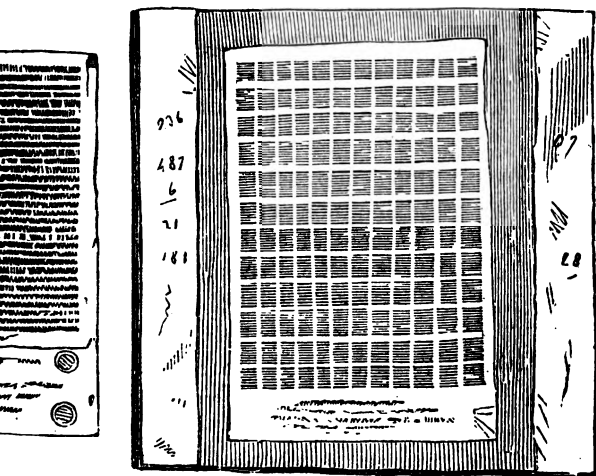
Scrittura ordinaria in carta finissima.

Fig. 84. Fac
del secondo sistem

Dispacci manosc
a minimi dimensioni c

appena visibile ad occhio nudo! rispose senz' altro il signor Dagron. — Ma ciò è impossibile, esclama il signor Worms. — Ciò è così facile, risponde Dagron, che vado subito a farlo alla vostra presenza.... Mezz'ora dopo il signor Worms parlava coll'eloquenza dei fatti al governo della difesa nazionale.

Quindici giorni dopo, la posta fotografica era decretata; la convenzione col signor Dagron era firmata; esso obbligavasi di salire in pallone, volare a Clermont-Ferrand, ed ivi riprodurre diecimilà dispacci al giorno di quindici a venti parole ciascuno!

partì tuttavia, e si partì colle più vive manifestazioni di gioia; chè la riuscita della spedizione avrebbe po-

TE L'ASSEDIO DI PARIGI.

mile
doperato.

ridotti
a fotografia.

Fig. 85. Ultimo perfezionamento. - Caratteri tipografici ridotti fotograficamente su fogli trasparenti di collodio.

Fac-simile d'un foglio originale contenente 144 pagine di stampa, collocato fra due lastre di vetro per essere poi introdotto nel microscopio foto-elettrico.

sto tutte le provincie in grado di calmare le più gravi inquietudini di Parigi!

Giunti in prossimità delle linee prussiane, i due aerostati furono accolti da una scarica di fucilate; le palle colpivano ad ottocento metri d'altezza; ed il povero *Daguerre* ne fu crivellato; i viaggiatori del *Niepce* s'ebbero lo straziante spettacolo di vederlo discendere vorticosamente, e cadere su d'una tettoia a poche leghe da Parigi, presso Ferrières,

ove accorsero tosto i cavalleggeri nemici. — La disgrazia irreparabile del *Daguerre* dimostrò ai viaggiatori del *Niepce* la necessità di sollevarsi maggiormente; ma i sacchi di sabbia erano stati fatti di tela avariata, di forza insufficiente, e si ruppero tutti; sicchè fu forza raccogliere la sabbia a piene mani, e gettarla fuori della navicella a piccole porzioni per volta.

Ad un' ora e mezzo dopo mezzodì erano all' altezza di 1500 metri; e poichè non rimaneva più a loro disposizione che due sacchi di sabbia, ed ignoravano la presenza o l'assenza dei Prussiani, fu deciso di scendere il più rapidamente possibile per non lasciar tempo al nemico di arrivare. La discesa, e dirò meglio, la caduta fu fatta in buon ordine, ma colla vertiginosa velocità di dieci metri al secondo, e malgrado la violenza del vento. Si gettan le áncore, ma la campagna era rasa, senza alberi e senza arbusti; l'aerostato s' inclina; percorre più di due chilometri con considerevole velocità, seco trascinando la navicella e le persone aggrappate alle corde, nè ancor s' arresta, finchè, fatto letteralmente a brani, più non può dare resistenza al vento (1).

(1) Leggesi nella relazione dello stesso signor Dagron, che nell' istante della fermata, le corde incrociate s' erano strette al collo del signor Fernique, il quale riuscì a liberarsene con uno sforzo disperato; lo stesso accadde a Gnocchi, il quale fu miracolosamente salvo per un giro di rotazione che diede la navicella. Fu Poisot che riuscì pel primo ad uscire dalla gabbia, e potè salvare Dagron, il quale, tentando di liberarsi d' una pesante cassa che gli veniva addosso, si trovò per contraccolpo respinto a terra colle gambe in aria, e fuor de' sensi.

Alcuni contadini erano intanto accorsi, e prestarono i pri-

Daremo ancora un rapido cenno del viaggio avventuroso della *Ville d'Orléans,* capitano Rollier, che partito da Parigi il 25 novembre, passò sul mare del Nord per fermarsi in Norvegia, dopo aver percorso 1600 chilometri in sole quindici ore. Non tardò a spargersi per Cristiania la notizia che a Krödshered era caduto un pallone proveniente da Parigi: la confermava un telegramma del governatore di Buskernd. Poi seppesi che quel pallone conteneva tre sacchi pesantissimi di lettere attaccati ai fianchi della navicella, e sei piccioni viventi, vivacissimi ed

mi aiuti, e già s'erano caricate due vetture con tutto il materiale fotografico del signor Dagron. Arrivano allora i Prussiani; essi si fermano intorno all'aerostato, tuttavia una delle due vetture riesce a fuggire col suo bagaglio; il Dagron ed altri eran saliti su questa; alcuni altri se la diedero a gambe.

Ricevuti dal sindaco di Vessigneul, il signor Songy, nascosero gli apparecchi sotto la paglia, le persone nel vicino granaio, e le lettere nella veste di Madama Songy. Rimaneva ancora una cassa, ma questa non s'è potuta salvare; chè i nemici, sopraggiunti, se ne impossessarono.

La relazione Dagron estendesi poi sulle continue e precipitose fughe da un paese all' altro, e sulle continue persecuzioni del nemico. Ma il 21 novembre erano già tutti arrivati a Tours. Ivi il fotografo Blaise aveva già fatti preparativi di riduzioni fotografiche in sulla carta ; ma la grana di questa, per quanto fina si fosse, era un insormontabile ostacolo; e ci voleva precisamente la pellicola di *collodion* secco del signor Dagron, perchè la posta fotografica fosse realizzata. Il trasferimento della delegazione a Bordeaux, ed il freddo intenso di quell'anno che impediva ai piccioni di volare, furono le sole due cause inevitabili di interruzioni e ritardi.

Tuttavia più d'una volta la rapidità della corrispondenza

in ottime condizioni. Che il pallone fosse montato, se n'ebbe la prova dall'aver trovato nella navicella una valigia con oggetti di teletta, ed abiti con iniziali, uno scialle, un berretto da ufficiale di marina, un apparato elettrico e due cannocchiali; inoltre sufficiente quantità di provvigioni, pane, carne, vino ed acqua, il tutto perfettamente fresco: era quindi manifesto che gli intrepidi aeronauti avevano da poco tempo abbandonato Parigi. Aprendo i pacchi si riconobbe che i giornali parigini portavano la data del 25 novembre. Quale fosse l'ansietà sulla sorte dei

riuscì meravigliosa. Mancando il signor Dagron di certi prodotti chimici, e segnatamente di cotone azotico, li domandò a Parigi per mezzo d'un piccione il 18 gennaio, e li ricevette il 24 a Bordeaux. Ciò naturalmente vuol dire che il piccione e l'aeronauta ebbero viaggio felice.

Ogni pellicola portava la fotografia di dodici a sedici pagine in foglio da stampa, contenenti in media tre mila dispacci. La leggerezza di quelle pellicole permise di darne a ciascun colombo per ben 18 esemplari, donde un totale di oltre a cinquantamila dispacci, che tra tutti non pesavano un gramma.

Furono eseguiti e consegnati dal signor Dagron centoquindicimila dispacci distinti, e se voglionsi questi moltiplicare per il numero di esemplari richiesti si troverebbe che più di due milioni e cinquecento mila dispacci si riprodussero in un mese, e nel più freddo mese dell'anno.

Queste pellicole si rotolavano entro a cannucce di penna, e si attaccavano poi alla coda del piccione. Di 363 piccioni trasportati dai palloni, e poi rinviati a Parigi, appena 57 vi rientrarono; cioè 4 in settembre, 17 in novembre, 12 in dicembre, e più pochi ancora in gennaio e febbraio, sicchè le meraviglie della posta fotografica non corrisposero alle meraviglie della foto-microscopia.

viaggiatori non è mestieri descriverlo, che già si annunziavano come perduti. La delegazione di governo a Tours ed il ministro di Francia a Stoccolma, avvertiti per telegrafo di questo avvenimento dal console di quella potenza a Cristiania, scrivevano si rimandassero in Francia i piccioni per la via d'Inghilterra. La distribuzione dei plichi e l'invio delle lettere venne riservato al predetto console di Francia in Cristiania. Il 28 novembre si seppe che due Francesi, quelli che avevano viaggiato nel pallone, scesi a Telemarken, erano giunti ad Hongsberg per rendersi nella sera a Drammen. Tale notizia fu accolta col massimo entusiasmo dalla popolazione di Cristiania, che recossi in massa ad incontrare i viaggiatori con dimostrazioni di gioia e di simpatia.

Raccontarono che erano partiti da Parigi nel pomeriggio del 25, un potentissimo vento di mezzodì li spinse verso il nord con una celerità paragonabile quasi a quella del fulmine. Videro la terra sparire sotto ai loro occhi, poi svolgersi l'immensa distesa del mare, che anch'esso scomparve sotto uno strato di densa nebbia, nel quale furono avvolti; dopo quindici ore di tal tragitto, s'accorsero che il pallone abbassavasi e stavano di nuovo presso a terra. Saltarono all'altezza di dieci metri dal pallone che abbandonarono alla sua sorte, sopra uno strato di neve, in luogo inabitato, in mezzo alle montagne, non sapendo ove fossero, ed ignari se questo era il mezzo di salvarsi o di morire. Riavutisi dalla terribile scossa, si rimisero in cammino, finchè, seguendo le tracce d'una slitta, si trovarono in un villaggio che compresero essere in Norvegia, dalla scoperta fattavi di quegli astucci di zolfanelli, che fabbricati in questi

paesi, sono ora sparsi in tutta Europa. Riconfortatisi alquanto, si portarono sani e salvi a Drammen, donde ripresero il viaggio per ripatriare per via meno avventurosa, ma più sicura di quella percorsa nel giungere.

Gli aerostati costrutti a Parigi durante l'assedio avevano tutti forma sferica; erano formati di quel tessuto di cotone, bianco e colorato, chiamato in commercio *calicò,* madapolam o percallo. Riunivansi insieme quaranta fusi i quali avevano sul mezzo la massima larghezza di metri 1,24; la sfera risultante misurava 15,^{m} 75 di diametro ed aveva la capacità di circa 2045 metri cubici.

I fusi sferici erano tutti tagliati con perfetta regolarità, e poi venivano insieme fortemente cuciti per mezzo di un grosso filo doppio e cerato. Le due officine di costruzione dei palloni partenti da Parigi erano situate l'una alla stazione del Nord e l'altra a quella d'Orléans. La prima era posta sotto la direzione dei signori Yon e Dartois, notissimi nel mondo aerostatico; la seconda era condotta dai tre fratelli Godard, che proseguono nell' arte aerostatica una vera dinastia. L' una e l' altra officina funzionavano sotto la sorveglianza dell'amministrazione delle poste.

VII.

GLI AEROSTATI IN SERVIGIO DELLA SCIENZA.

Ascensioni aerostatiche per scopi scientifici: di Robertson in Amburgo, di Biot e Gay-Lussac a Parigi. — Osservazioni da essi eseguite. — Infelice ascensione dell'astronomo Brioschi a Napoli. — Ascensione fortunosa di Barral e Bixio a Parigi. — Seconda ascensione degli stessi. — Un *parelio* prodotto da una nube agghiacciata. — 39° gradi al di sotto dello zero. — Viaggi aerostatici di Glaisher e Coxwell in Inghilterra. — Osservazioni relative alla diminuzione della temperatura ed alla trasmissione dei suoni alle varie altezze. — Missioni scientifiche recenti. — Il *Volta*. — Le proposte de Fonvielle, ed il radiante delle stelle cadenti.

Primo a cimentarsi nell'aria per scopi puramente scientifici, fu il fisico Robertson, che fece la sua ascensione ad Amburgo il 18 luglio 1803. Rimase ben cinque ore nell'aria, e dopo esser giunto all'altezza di 7400 metri, discese alla distanza di venticinque leghe dal punto di partenza. Il termometro che all'atto della partenza segnava + 16° R, discese, nelle alte regioni in cui giunse il pallone, fino a — 5°, 5 R. Ad onta dell'acuto freddo, Robertson institui una serie di esperienze sull'elettricità e sul magnetismo, dalle quali ei credette poter concludere che i fenomeni del magnetismo terrestre perdono gran parte della loro intensità quanto più si sale nell'atmosfera.

Per riconoscere quanto vi fosse di vero nelle deduzioni di Robertson e per istituire nuove esperienze di fisica, due giovani scienziati francesi, Biot e Gay-Lussac, si decisero ad esporre arditamente la loro

vita a vantaggio della scienza. La loro ascensione ebbe luogo il 20 agosto 1804. Salirono fino all'altezza di 4000 metri e riconobbero che l'intensità della forza magnetica non diminuisce punto a quella distanza dalla Terra; spiegarono l'errore in cui cadde Robertson, per la difficoltà che presenta un'accurata osservazione dell' ago magnetico in mezzo alle continue oscillazioni dell'aerostato. Riconobbero in pari tempo che la pila di Volta e gli apparecchi d' elettricità statica funzionano nelle alte regioni dell' atmosfera tanto bene quanto alla superficie del suolo. L'elettricità ch' essi raccolsero era negativa e cresceva in quantità al crescere dell'altezza. Osservando l' igrometro, riconobbero che anche la secchezza dell' aria cresce del pari con l'altezza. Aperte le gabbie in cui stavano racchiusi alcuni uccelli, espressamente trasportati dai due osservatori in quelle alte regioni, quei volatili sembrarono dapprima indecisi ma poscia si diressero tutti verso la Terra.

Compiute parecchie altre osservazioni, i due scienziati discesero incolumi.

Incoraggiato dal buon esito del suo primo viaggio aereo, Gay-Lussac volle ripeterlo spingendosi a maggior altezza onde estendervi le sue esperienze. Per raggiungere codesto scopo col piccolo aerostato che aveva già servito alla prima esperienza, era mestieri alleggerirne il carico, e perciò Gay-Lussac montò solo nell'aria il 16 settembre 1804 alle 9 e 40 del mattino.

All' altezza di 6500 metri (1) raccolse l' aria di quelle sublimi regioni in cui prima d'allora non era

(1) Il monte Bianco, che è la vetta più alta d'Europa, misura soltanto 4810 metri.

giunto alcun uomo. Egli erasi munito di molti strumenti ed apparecchi di fisica, e fra questi anche di un recipiente di vetro, chiuso mediante un robinetto di rame; il recipiente era stato espressamente vuotato mediante la macchina pneumatica; aperto il robinetto, l'aria riempì tosto quel recipiente e vi rimase imprigionata quando l'osservatore richiuse il robinetto.

Quell'aria, analizzata chimicamente all'indomani, risultò composta assolutamente degli stessi elementi che costituiscono l'aria che si raccoglie alla superficie del suolo, ovvero d'ossigeno ed azoto, contrariamente a quanto supponevano alcuni scienziati i quali ritenevano che l'aria delle alte regioni dell'atmosfera dovesse contenere anche idrogeno.

Ripetendo le esperienze già istituite nel primo viaggio, sull'intensità della forza magnetica, riconobbe tutta l'esattezza delle precedenti sperienze.

Dopo esser giunto fino all'altezza di 7016 metri sul livello del mare, ed aver completate con la massima tranquillità tutte le esperienze che egli si era proposto di eseguire, Gay-Lussac discese felicemente alle 3 e 45 dopo mezzodì fra Rouen e Dieppe ad ottanta leghe da Parigi.

Nel 1806, Carlo Brioschi (morto nel 1833), regio astronomo a Napoli, salì nell'aria con intendimenti scientifici in compagnia dell'aeronauta Andreani. Volendo alzarsi ad altezza maggiore di quella cui giunse Gay-Lussac, entrarono in un'atmosfera estremamente rarefatta. Il gas, di cui era ripieno il pallone, tendendo, come è noto, ad espandersi, e non trovandosi sufficientemente premuto dall'aria, squarciò l'inviluppo del pallone i cui avanzi giovarono a mode-

rare la rapidità della discesa, che si effettuò in aperta pianura; Brioschi ne contrasse un grave malore che lo condusse alla tomba dopo molti anni di sofferenze.

Dopo d'allora trascorsero molti anni senza che si verificasse alcuna ascensione aerostatica per iscopi puramente scientifici. Al regno degli arditi esploratori dell'aria succedette quello degli aeronauti di professione, i quali espongono audacemente la vita, non mirando ad altro che a trar profitto dalla curiosità e dalle emozioni del pubblico.

Nella seconda metà del nostro secolo Barral e Bixio in Francia, Glaisher e Coxwell in Inghilterra, intrapresero parecchie ascensioni a vantaggio esclusivo della scienza.

I due primi si proposero d'innalzarsi a grande altezza nell'aria per studiarvi, mercè gli strumenti perfezionati che oggi si hanno, un gran numero di fenomeni atmosferici fino ad ora ben poco conosciuti. Trattavasi di riconoscere la legge del decremento della temperatura e dell'umidità al crescere dell'altezza; volevasi analizzare rigorosamente la composizione chimica delle alte regioni dell'aria, dosare l'acido carbonico alle varie altezze, comparare gli effetti calorifici dei raggi solari, nelle più sublimi regioni dell'atmosfera, con gli stessi fenomeni osservati alla superficie del suolo; riconoscere se in un dato punto giunge o no la stessa quantità di raggi calorifici da tutti i punti dello spazio, rintracciare se la luce riflessa trasmessa dalle nuvole è o no polarizzata, ecc.

L'ascensione ebbe luogo il 29 giugno 1850 alle 10 e 27 del mattino; il pallone era ripieno d'idrogeno puro ottenuto dalla reazione dell'acido cloridrico sul ferro.

Nel momento della partenza, si riconobbe che alcune disposizioni dell'apparecchio aerostatico non erano molto felici. Pei colpi di vento già sofferti, il pallone erasi lacerato in più punti e si dovette rimediarvi alla meglio in tutta fretta; cadeva la pioggia a torrenti. Chiunque altro avrebbe differita la partenza, ma Barral e Bixio non vollero neppur pensarci; montarono nella navicella, diedero l'ordine di partenza e salirono nell'aria con straordinaria rapidità; gli spettatori la paragonavano a quella d'una freccia. In pochi istanti l'aerostato scomparve nelle nubi, e al di là di questo velo, grosso ben 3000 metri, che li sottraeva agli occhi degli uomini, si svolse il dramma commovente che ora racconteremo.

Il pallone dilatato premeva con gran forza sulle maglie della rete che lo circondava, questa rete era troppo piccola e le corde che sostenevano la navicella erano troppo corte; perciò il pallone, riscaldato dai raggi solari, si gonfiò dall'alto al basso, si abbassò sui viaggiatori; e mentre questi, verificata l'altezza di 5893 metri dal suolo, stavano tutti intenti nell'eseguire alcune osservazioni di fisica, il pallone enormemente gonfiato li ricoperse come un cappello. Allora i due fisici si trovarono in situazione imbarazzatissima; uno di essi, mentre sforzavasi di afferrare la corda che comandava la valvola, lacerò inavvertentemente il prolungamento inferiore del pallone; il gas idrogeno, che esciva con gran forza da quell'apertura, posta al livello delle teste degli aeronauti, produsse in essi delle sincopi momentanee e vomiti abbondanti.

Consultando il barometro si avvidero che discendevano rapidamente, poichè uno strappo ancor più grande, lungo circa due metri, erasi manifestato

verso l'equatore del pallone. La rapidità della discesa salvò la vita ai due viaggiatori, sottraendoli al gas irrespirabile che sprigionavasi a largo getto sulle loro teste. La distanza che li separava dalla terra diminuiva con spaventevole rapidità, una pericolosa caduta sembrava inevitabile, ma Barral raccolta con molto sangue freddo tutta la zavorra, le coperte di lana ed ogni altra cosa, esclusi i preziosi strumenti ch'ei vuol salvare dal naufragio, ne fa getto nell'istante opportuno, quando cioè l'aerostato è lì lì per toccar terra. La manovra riescì felicemente, i due viaggiatori giunsero a terra con lievissimo urto sopra una vigna del territorio di Lagny, nel dipartimento di Seine-et-Marne. Tutto il viaggio aveva durato quarantasette minuti, dei quali sette soltanto furono impiegati nella discesa.

Malgrado la brevità e gli accidenti del viaggio, i due scienziati poterono riconoscere che la luce delle nubi non è polarizzata, e che la diminuzione nella temperatura dell'aria concorda con quella osservata da Gay-Lussac.

L'infelice esito di questo viaggio non scoraggiò punto i due intrepidi esploratori. In capo ad un mese eseguivano una seconda ascensione, servendosi troppo audacemente del difettoso aerostato che aveva già messa a repentaglio la loro vita.

La seconda ascensione ebbe luogo a Parigi, il 27 luglio 1850.

All'altezza di 2000 metri penetrarono in una nube grossa non meno di cinque chilometri, poichè a 7000 metri, altezza massima cui pervennero, non erano peranco usciti da quella nube; però da una squarciatura apertasi in essa poterono scorgere l'azzurro del cielo.

Giunti all' altezza di 3750 metri gli aeronauti vogliono spingersi ancor più alto, gettano perciò alquanta zavorra; la crescente espansione del gas produce una piccola lacerazione nel globo; tuttavia i due arditi viaggiatori non si sgomentano e continuano a salire.

A 6000 metri l'atmosfera era carica di minutissimi aghi di ghiaccio che si posavano dapertutto. La presenza d'aghi di ghiaccio a quell'altezza produsse l'interessante fenomeno d' un *parelio;* cioè, al disotto del piano orizzontale della loro navicella, quindi al disotto del loro orizzonte, e ad una distanza angolare da questo piano eguale a quella che misurava l'altezza del sole, gli aeronauti videro un secondo sole, come se il vero fosse stato riflesso da uno specchio d'acqua che si fosse trovato a quell' altezza. I due fisici attribuirono, con ogni ragione, codesto fenomeno alla riflessione dei raggi solari sulle facce orizzontali dei cristalli di ghiaccio che si libravano in quella nebbiosa atmosfera.

Giunti a 7000 metri osservarono un fenomeno metereologico che bastava da solo a compensarli dei pericoli del viaggio in quelle alte regioni. Il termometro discese sotto ai loro occhi fino a 39 gradi sotto lo zero; questo sensibilissimo cambiamento di temperatura si verificò soltanto a partire dagli ultimi 600 metri, mentre prima la diminuzione della temperatura procedeva molto regolarmente e concordava con le osservazioni antecedenti. È probabile che quell' intenso freddo debba essere attribuito alla densa nube di vapori agghiacciati in cui allora trovavansi gli aeronauti. Questi tentarono di sollevarsi ulteriormente nell'aria onde riconoscere se l'abbassamento di

temperatura avrebbe continuato o meno con quella rapida progressione, gettarono molta zavorra, ma il pallone, che aveva già perduto molto gas, non potè sollevarli oltre l'altezza di 7049 metri; alla quale altezza si mantennero per breve tempo, e poi discesero felicemente nel circondario di Coulommiers.

Nel render conto di codest' ascensione dinanzi all' Accademia delle Scienze a Parigi, l'illustre Arago (1) avvertì che la presenza d'una nube composta di piccolissimi cristalli di ghiaccio alla temperatura di quasi — 40° nel cuor dell'estate, all'altezza di circa 6000 metri dal suolo del continente europeo, era la più grande fra le scoperte che la meteorologia avesse registrate fino allora. Questo fatto spiegherebbe, secondo Arago, in qual modo piccolissimi ghiacciuoli possono diventare il nucleo di ghiacciuòli di volume molto maggiore, poichè i primi possono condensare intorno a sè e trasformare allo stato solido i vapori acquei contenuti negli strati atmosferici percorsi da quei minutissimi ghiacciuoli, ai quali sarebbe quindi da attribuire la caduta della grandine.

I viaggi aerei intrapresi in questi ultimi anni in Inghilterra tornano a grande onore di quel paese, che ai frivoli spettacoli preferisce le utili esperienze.

(1) Francesco Arago, nato a Estagel (Pirenei-Orientali) il 26 febbraio 1786, morto a Parigi il 2 ottobre 1853, verrà ricordato perpetuamente siccome uno dei più distinti scienziati del secolo decimonono. La fisica e l' astronomia devono ad Arago gran parte del loro progresso, e l' uman genere lo onorerà sempre come uno de' suoi più grandi benefattori, poichè Arago coglieva ogni occasione per mettere la scienza a contatto con gli interessi materiali della Società per migliorarne le condizioni.

Glaisher, capo dell' osservatorio meteorologico di Greenvich, imprese anch' esso una lunga serie di viaggi aerostatici, unitamente all' abile aeronauta Coxwell. In uno di questi viaggi, effettuato il 5 settembre 1862, raggiunsero la straordinaria altezza di 10,000 metri. A circa 8000 metri il termometro discese a 21 gradi sotto lo zero, il freddo era talmente acuto che Coxwell ed il suo compagno ne ebbero le mani gelate; queste non obbedivano più alla volontà dei due viaggiatori, eppure era indispensabile aprire la valvola per dar uscita al gas, altrimenti il pallone sarebbe rimasto chi sa quanto in quelle alte regioni e i due ardimentosi aeronauti sarebbero morti pel freddo e per la fame. Con uno sforzo disperato, Coxwell addentò la funicella che comandava la valvola; tirando a sè la funicella, gli riescì finalmente di aprire la valvola, che permise l'uscita del gas e quindi la discesa dell'aerostato.

Dalle molteplici osservazioni eseguite da Glaisher nell'atmosfera, risulta in media che la salita che convien fare per trovare un abbassamento di un grado centigrado nella temperatura, aumenta costantemente quanto più alto si sale. Se ad esempio, convien passare dall' altezza di cinquanta a quella di cento metri al disopra del suolo per osservare l'abbassamento di un grado nella temperatura; trovandosi invece all'altezza di 8000 metri, converrebbe salire di altri 500 metri per poter osservare lo stesso abbassamento nella temperatura, e quindi la diminuzione nella temperatura risulterebbe colà dieci volte meno rapida che alla superficie del suolo. Quando il cielo è coperto di nubi, la diminuzione di temperatura pel primo chilometro risulta minore di quando

il cielo è sereno, il che si spiega facilmente considerando che, a cielo coperto, le nubi agiscono come uno schermo per impedire il raggiamento del calore terrestre.

L'umidità decresce rapidamente quando si sale nell'atmosfera; all'altezza di circa 6 chilometri l'umidità dell'aria è soltanto 12 a 16 centesimi di quella corrispondente ad aria satura di vapore acqueo.

Un viaggio aereo col pallone *Volta* fu intrapreso a Parigi il 2 dicembre 1870 per una missione scientifica; merita d'essere notata la seguente osservazione: il *Volta* era a 900 metri di altezza ed il termometro segnava 1 grado sopra zero mentre il sole non era ancora levato; ma non sì tosto il suo disco comparve all'orizzonte, la temperatura discese bruscamente ad 8 gradi sotto zero, ed il pallone prese a discendere, sicchè fu necessario gittar zavorra per mantenerlo prossimamente a quella altezza. Intanto i raggi del sole, battendo sull'involucro del pallone, riuscirono a riscaldare poco per volta il gas, e l'aerostato ricominciò a salire. Il signor Janssen che riferì su questo viaggio all'Accademia delle Scienze di Parigi, attribuisce il brusco abbassarsi della temperatura all'intenso assorbimento di calore che si produce quando il sole levandosi sperde i vapori atmosferici. È un fenomeno analogo a quello che deve avvenire quando risplende la luna nelle notti serene. I raggi calorifici riflessi dal nostro satellite sperdono i vapori delle alte regioni atmosferiche, e permettono all'irradiamento terrestre una maggiore attività, donde quel generale raffreddamento che costantemente si osserva in quelle notti alla superficie terrestre.

Il signor W. de Fonvielle aveva proposto di com-

piere nel novembre 1871 una ascensione aerostatica per l'osservazione delle stelle cadenti. Fino dal 1867 egli aveva eseguito, a mezz'ora di notte, il 15 novembre una ascensione che lo convinse dell'importanza di tale ricognizione aerea, e della possibilità di impiegare ogni mezzo proficuo per ben assicurarne in ogni caso il buon esito. Avrebbesi così il vantaggio di osservare tranquillamente un fenomeno ad onta dello strato di nubi che ordinariamente ricoprono il cielo in quella stagione ed impediscono le visuali degli Osservatorii terrestri.

E molte ascensioni debbono essersi fatte sul serio nell'anno ora scorso (1872); ma non crediamo che siasi già trovato grande copia di utili risultati. Bensì qualche fenomeno fisico di una certa curiosità, che non si tralasciò perciò di comunicare all' Accademia delle Scienze di Parigi.

Col moltiplicarsi delle ascensioni aerostatiche dirette a scopi scientifici la fisica e la metereologia si arricchiranno di preziosi documenti, la cui importanza non potrà certo sfuggire a quanti apprezzano i progressi della scienza e riconoscono come questa, infiltrandosi ormai nella vita pratica, mercè le molteplici applicazioni ch'essa riceve giornalmente, arreca inestimabili beneficii all'umanità intiera.

Si potranno meglio stabilire le leggi della diminuzione della temperatura, dell'umidità e della densità negli strati superiori dell'atmosfera, e per tal mezzo si riescirà a stabilire l'altezza, fino ad ora molto incerta, della nostra atmosfera. Poichè infatti, conoscendo con qual legge diminuisca la densità dell'aria si potrà stabilire a quale altezza l'aria si trova tanto rarefatta da poterne trascurare l'esistenza; argomento

che vivamente interessa la fisica del globo e l'astronomia. Quest'ultima non potrà stabilire con tutto rigore la posizione delle stelle fino a che non potrà tenere esatto calcolo della deviazione che subisce la luce che ci perviene da quei mondi lontani, nell'attraversare la nostra atmosfera.

VII.

LA DIREZIONE DEI PALLONI.

Gravi difficoltà inerenti a questo problema. — L'invenzione Lodi giudicata dal professore Magrini. — Un giro vizioso. — Aerostati dirigibili. — Dupuy de Lôme e Giffard. — Un nuovo esperimento da farsi.

Mentre gli uni domandarono alla meteorologia tuttora bambina un qualche mezzo per riconoscere, ed anzi predire la esistenza e la direzione delle diverse correnti atmosferiche, che molto probabilmente si verificano alle varie altezze, affine di poter sapere a quale altezza un'aeronauta potrebbe incontrare corrente aerea propizia al viaggio che ei deve imprendere, altri più arditi, ma non più fortunati dei primi, domandarono a sè stessi: sarà proprio necessario conoscere queste correnti per poter viaggiare nell'aria con la stessa facilità con cui si viaggia sull'acqua?

Non possiamo sperare di vedere felicemente risolto il problema tanto lusinghiero e tanto dibattuto della direzione dei palloni, della navigazione aerea? Nel campo scientifico bisogna andar ben cauti prima di pronunciare risposte negative. Tal cosa che fino a

ieri poteva sembrare sogno di mente inferma è oggi una realtà da tutti apprezzata in base alla teoria indiscutibile dei fatti compiuti. Tuttavia si può rispondere in modo assoluto, almeno alla prima delle due domande: gli attuali palloni non sono dirigibili.

Per rendersi conto di questa risposta è mestieri (1) considerare anzitutto che l'atmosfera è quasi sempre agitata. Anco quando a noi abitatori della Terra sembra che l'aria sia calma e tranquilla, le regioni superiori dell'atmosfera possono trovarsi vivamente agitate. Ma dato pure che l'aria si mantenesse perfettamente calma, il pallone incontrerebbe in essa tuttavia una resistenza formidabile, per vincer la quale non basterebbe certamente la forza dell'aeronauta, quand'anche questi si giovasse di un qualunque meccanismo, per utilizzare la sua forza nel modo migliore. Ciò si riconosce ben presto.

« Il solo mezzo d'appoggio di cui può disporre l'aeronauta, si è l'aria atmosferica; ei deve quindi agire sull'aria, sull'aria non poco rarefatta delle regioni superiori dell'atmosfera. Attesa la tenuità di questo fluido e l'estrema sua rarefazione, converrebbe colpirlo con straordinaria velocità, onde conseguire un sensibile effetto di traslazione, mercè la sola forza dell'uomo applicata ad un meccanismo qualsiasi. Per produrre quella straordinaria velocità converrebbe ricorrere a congegni più o meno complicati, i quali dovrebbero mettere in movimento delle ali od elici girevoli nel'aria; ma qui sta il guaio, le ruote, gl'ingranaggi e tutti gli apparecchi che sarebbe mestieri imbarcare nella navicella, avrebbero peso troppo

(1) Dall'opera di Figuier, *Les merveilles de la Science.*

rilevante per poter essere sollevati coi palloni, la cui leggerezza sarebbe la loro condizione principale ed indispensabile.

« Se per evitare quest'enorme inconveniente, si aumenta nelle necessarie proporzioni il volume del pallone, si va incontro ad altro inconveniente non meno grave: l'aerostato presenta in tal caso una superficie grandissima. Ora, è manifesto che, aumentando la superficie del pallone, aumenta necessariamente anche la superficie esposta all'impeto dei venti; come la vela d' un bastimento, sulla quale il vento agisce con tanta maggior efficacia quanto più è ampia la superficie della vela ».

Per questo motivo un aerostato sarà sempre in balìa dell'elemento in cui si muove, e non vi saranno nè remi nè elici nè altro capaci di dare al capitano di questa nave aerea la potenza di muoversi a suo talento. Fra tutti questi apparati, il più ingegnoso e più recente è quello del signor Dupuy de Lôme, e merita di essere particolarmente notato, perchè se non altro ogni cosa si fece stavolta secondo i dettami della scienza, e colla scorta di rigorosi calcoli, e devesi perciò ritenere l' esperienza come ben definitiva e concludente su tutto ciò che riescirà possibile di fare coi palloni aerostatici.

La costruzione di questo pallone aerostatico ebbe origine dal tempo dell' assedio di Parigi. Il 29 ottobre 1870, il governo della difesa nazionale aprì a quest'uopo un credito di 40,000 franchi; ma l' aerostato non potè essere terminato in tempo utile per giovare alla sorveglianza dell' esercito tedesco. Esso giovò solamente più tardi come sperimento a conferma dei dettami della scienza.

Anzitutto si diede al pallone una forma ben più razionale, quella di un' elissoide allungata, assegnandogli una totale lunghezza di metri 36,12; la sua sezione trasversale sul mezzo ebbe il diametro massimo di metri 14,84 e la sezione meridiana longitudinale il raggio di metri 25,78: donde un volume di metri cubi 3454 circa. Poi riuscì ad assicurare la navicella con una rete ingegnosa, ottenendo la voluta rigidità, e dando alla navicella una stabilità che non erasi per lo addietro raggiunta, e che fu superiore a quanto potevasi desiderare. Infine munì la navicella di un elice a due ali (del passo di metri 8 e del diametro di metri 9), ed otto uomini applicati alle manovelle dovevano mettere in azione siffatto propulsore.

Gonfiato d' idrogeno puro e salito da quattordici persone, oltre a molti strumenti, cordami di scorta, e 645 chilogrammi di sabbia, quel pallone, del peso totale di circa 3800 chilogrammi, sollevossi ad un'ora pomeridiana (del 2 febbraio 1872) e d' un tratto, quasi verticalmente, fino ad una altezza di 600 e più metri; poi lasciossi portare dal vento verso nord-est colla velocità di 43 chilometri l'ora. Diretta la prua al sud-est, fu dato ordine agli uomini di girare le manovelle; l'elice fece 25 giri al minuto, e l' aerostato si mosse con direzione deviata di 12° gradi da quella del vento, e con una velocità di chilometri 8,5 all'ora. A 660 metri di altezza la velocità del vento era di 61 chilometri, e l'aerostato camminava colla velocità di chilometri 10 $^1/_4$ all' ora facendo l' elice 27 giri e mezzo al minuto. Ottennesi in ogni caso una deviazione dalla direzione del vento compresa fra 10 e 12 gradi.

Alle tre pomeridiane il pallone era disceso sano e salvo, a circa 10 chilometri da Parigi, verso l'est, nel villaggio di Montecour sul limite dei dipartimenti dell'Oise e dell'Aisne.

Raccontando questo viaggio non si deve nè si può tralasciare di far giustizia al signor Dupuy, il quale non sognò mai di voler dimostrare la possibilità di dirigere con sicurezza i palloni aerostatici nell'aria. Co' suoi precedenti scritti, e coi suoi calcoli, il Dupuy de Lôme aveva già dimostrato come i più elementari principii di meccanica facessergli tutt' altro che difetto; ed ora colle sue recenti manovre egli si dimostrò pure un intrepido aeronauta, poichè riuscì di fatto a dirigere un pallone nell' aria, ma vi riuscì, ben s'intende, fra quei moderatissimi confini da lui stesso teoricamente prefissi e dipendenti dalla violenza del vento e dalla forza motrice.

E qualche cosa di più potrebbesi ancora ottenere se, facendo astrazione dai pericoli che un motore a fuoco presenterebbe in vicinanza di un pallone gonfiato di idrogeno, si sostituisse, al peso di 7 fra gli otto uomini di forza, un motore di peso equivalente, il quale svilupperebbe un lavoro otto od anche dieci volte più grande, essendo stato valutato di 60 chilogrammi circa il massimo lavoro che gli otto uomini svilupparono quando l'elice dava 27 giri e mezzo al minuto.

Dicesi che il signor Dupuy si vada occupando di un nuovo esperimento; per muovere l'elice vuole costrurre una macchina a vapore disposta in guisa che rimanga eliminato ogni pericolo d'incendio. Il pallone ovale e dirigibile sarà poi accompagnato da un'altro pallone rotondo, di quelli comunemente adoperati, e

che sarà pure salito da persone esperte. I due palloni partirebbero insieme, e resterebbero in aria un tempo egualmente convenuto.

Con tutto ciò avremo sempre un apparecchio staticamente sospeso nell'aria, al quale si verrebbe applicando un sistema di propulsione analogo a quello dei bastimenti ad elice nell'acqua. Questi apparecchi, comunque siano muniti di organi propulsori, non cessano di essere aerostati; oltrecchè riuscirebbero sempre in balìa del vento, offrirebbero anche in tempo di calma una locomozione aerea paragonabile in tutto a quella dei nostri bambini quando dapprima sgambettano sospesi alle staccole, senza poter servirsi del proprio peso per prendere un vero punto d'appoggio sul suolo, epperò senza possibile slancio.

Viaggi aerei siffatti riesciranno per altro utilissimi a somministrare tanti dati pratici sull'effetto utile possibile ad ottenersi dai diversi sistemi di propulsori, dipendentemente dalla velocità e da tante altre circostanze, e somministreranno così i necessarii coefficienti numerici per seguire con nuovi calcoli quella nuova via, cui ha additato la scienza, e che ci dovrà inevitabilmente condurre in tempo più o meno lontano a più positivi e soddisfacenti risultati.

IL VETRO

I.

Le invenzioni di moda. — Ingratitudine umana. — Applicazioni svariatissime. — Cenno istorico: Fenici, Romani, Venezia. — La vigilanza del Consiglio dei Dieci. — Il tedesco Lehmann. — Composizione del vetro in generale. — Silice, potassa e calce. — Fornaci e crogiuoli. — Vetri incolori. — La fritta. — Fabbricazione dei *soffiati:* lastre di vetro e bottiglie.

La lunga abitudine da noi contratta di servirci tutti i giorni delle mille e mille invenzioni, accumulatesi nel lungo corso dei secoli, per merito delle generazioni che ci precedettero, non ci permette di attribuire ad un gran numero di invenzioni tutta l'importanza che pur meritano; appena appena apprezziamo le più moderne, nate quasi sotto ai nostri occhi e che maggiormente ci colpiscono; a un'invenzione tanto antica, quanto quella del vetro, chi mai ci pensa, nel secolo del telegrafo e delle strade ferrate? Eppure il vetro fu ed è potente strumento di civiltà; il vetro ebbe parte importantissima nell'umano progresso: senza il vetro non godremmo ora immensi vantaggi, innumerevoli beneficii, ai quali non accordiamo nessuna importanza, solo a causa della grande abitudine.

È come il beneficio della vista, che è veramente apprezzato soltanto da quelli che ne sono privi.

Ritornando al vetro, osserviamo alcune delle sue applicazioni più importanti: adoperato nelle finestre delle nostre abitazioni, ci ripara dalle intemperie, senza privarci della benefica luce del giorno; ci fornisce comodi e salubri utensili domestici, prestandosi ad usi svariatissimi, nei bicchieri, nei vasi, nelle bottiglie; riproduce la nostra immagine negli specchi; rinforza la nostra vista negli occhiali e nei cannocchiali, nel microscopio e nel telescopio: questo allarga i confini del limitato orizzonte che ne circonda, ci scopre i segreti del firmamento, avvicinando gli astri più remoti all'occhio dell'astronomo; quello serve di base alle scienze naturali, diviene il punto di partenza di innumerevoli scoperte non meno singolari che importanti, offre ai nostri sguardi miriadi di esseri infinitamente piccoli, dei quali ignoravamo persino l'esistenza. Foggiato del pari in lenti, ma diversamente disposte, il vetro permise l'invenzione della camera oscura, e da essa la dagherrotipia e la fotografia. Mercè lenti di vetro opportunamente collocate dinanzi a loro, i fari proiettano ad enormi distanze la luce che guida il nocchiero nei mari più pericolosi. Più modesti, ma non meno utili servigi, compie il vetro nei laboratorii del fisico e del chimico, nei barometri, nei termometri ed in mille altri usi.

Chi ha inventata la fabbricazione del vetro? È un quesito non peranco risolto dagli eruditi, ad ogni modo è certo che quest'arte è antichissima. Plinio il naturalista, che viveva nel primo secolo dell'êra volgare, attribuisce al caso codest'invenzione e rife-

risce un'antica tradizione, secondo la quale dei mercanti fenici, scesi a terra sulla costa di Siria, in vicinanza al fiume Belo, oggi Nahr-Halu, accesero il fuoco per cuocervi i cibi, e non trovando pietre per tener sollevata la pentola, si sarebbero serviti a tale scopo di pezzi di natrone che trovavansi nel loro bastimento. Il natrone riscaldato dal fuoco avrebbe prodotto — pel contatto colla sabbia, di cui era sparsa la costa — un rigagnolo trasparente di incognito liquido: quel liquido era vetro; e per tal modo i Fenici avrebbero appreso a fabbricarlo.

Con maggior verosimiglianza può dirsi, che essendovi in quella spiaggia, come in tutta la marina della Siria e dell'Egitto, copia grande di certa pianta, che gli arabi chiamano *Kali*, arsa pur questa e ridotta in cenere, mischiatasi accidentalmente coll'arena, sia venuta a formarsi una vetrificazione, la quale pose per avventura sulla via di conoscere gli ingredienti della composizione del vetro.

I chimici però non prestan fede alle narrazioni di Plinio; essi non ammettono che si possa all'aria libera produrre l'intenso calore, superiore ai mille gradi, che vuol essere sviluppato nei forni per liquefare le sostanze componenti il vetro.

Sembra però certo che primi a conoscere il vetro sieno stati gli abitanti delle coste orientali del Mediterraneo, i Fenici e gli Egiziani, non meno di 1600 anni prima dell'êra volgare. Molte mummie egiziane, rinvenute nei sepolcreti di Tebe e di Memfi, erano ornate di vetri bianchi e colorati, tagliati artisticamente.

Nel Vecchio Testamento, è fatta menzione del vetro: vedi il libro di Giobbe e quello dei Proverbi.

Ben due secoli prima di Gesù Cristo, i Romani conoscevano il vetro, e Plinio ci lasciò interessanti ragguagli sul modo con cui fabbricavasi ai suoi tempi questo prodotto. Due secoli dopo Gesù Cristo o più precisamente 210 anni dopo, sotto l'impero di Alessandro Severo, le fabbriche di vetro erano tanto numerose in Roma che formavano un quartiere separato.

I Romani importarono l'arte vetraria nell'Iberia e nella Gallia, e questa vi si mantenne fino alle invasioni barbariche, che — ponendo tutto a ferro e a fuoco — immersero tutta l'Europa occidentale nelle tenebre della barbarie. L'arte vetraria, completamente abbandonata e dimenticata in Occidente, si mantenne e fiorì in Oriente ed in ispecie a Bisanzio, ove ricevette incoraggiamento ed appoggio dagli imperatori.

I frequenti commerci di Venezia con gli scali del Levante, rivelarono agli industri mercadanti veneti tutta l'importanza dell'arte vetraria, sicchè non tardarono a trapiantarla in Venezia; sul cadere del tredicesimo secolo vi esistevano già numerose fabbriche di vetro, che la gelosa repubblica vigilava con occhio paterno. Venezia divenne centro importantissimo pel commercio vetrario, tutta Europa ricorreva ad essa per provvedersene. Il Gran Consiglio studiò ogni mezzo per mantenere a Venezia il monopolio, e ci riescì infatti per molti secoli.

Col pretesto dei probabili incendi che avrebbero potuto svilupparsi, lasciando in città le fabbriche di vetro, il Consiglio dei Dieci volle, nel 1289, che tutte si trasferissero nell'isoletta di Murano, ove fioriscono anche al presente. Per tal modo, la vigilanza riesciva più facile. Severissime punizioni colpivano gli operai

che avessero trasportata in paese straniero l' arte vetraria, che doveva rimanere a tutti segreta.

Oltre ai vasellami d'ogni sorta ed alle perle artificiali o *conterie* che anco in oggi Venezia spedisce in gran copia in tutto il Levante, i vetrai veneziani idearono per primi — fin dal tredicesimo secolo — la fabbricazione degli specchi di vetro, ricoprendone una faccia con sottil foglia di stagno; i loro specchi divennero ricercatissimi, e si diffusero ed acquistarono buon nome in tutta Europa. — Gli specchi degli antichi erano lastre di argento o d'altro metallo, poco ossidabile e molto riflettente, ben levigate.

Malgrado le leggi severissime stabilite dai governanti per conservare in Venezia il segreto sull' arte vetraria, garantendo così il monopolio a beneficio della repubblica, si videro sorgere nel sedicesimo secolo, prima in Germania e poscia nel resto d'Europa, numerose fabbriche di vetro che rivaleggiarono colle veneziane.

Le materie che servono alla fabbricazione del vetro trovansi diffuse in gran copia sulla Terra, il più delle volte, però, allo stato impuro o di mescolanza con altre sostanze.

L'elemento principale è la silice; mescolata in convenienti proporzioni alla potassa od alla soda ed alla calce, e riscaldando la mescolanza al calor rosso, in un crogiuolo, si ottiene il vetro incolore per le impannate e gli specchi. Aggiungendovi ossido di ferro, si ha il vetro colorato da bottiglie; aggiungendovi invece dell'ossido di piombo, si ottiene il *cristallo*, che è il vetro più puro, adoperato per gli strumenti ottici; facendo uso, all' incontro, dell' ossido di zinco, si ottiene lo *smalto*.

La silice è fra le sostanze che più abbondano. Il cristallo di rocca, i gres, la sabbia, moltissimi ciottoli, non son altro che silice; le ceneri delle piante, le acque minerali lo contengono. Lo zucchero rassomiglia al vetro, e l'analogia non è soltanto apparente, poichè fondendo le ceneri della canna da zucchero si ottiene il vetro: quelle ceneri ne contengono tutti gli elementi, la silice, la potassa e la calce.

Le sostanze calcari compongono forse la metà degli strati superiori della Terra; la calce si trova nelle nostre ossa, nelle ossa di tutti gli altri animali, nella massima parte dei vegetabili; è ancor più diffusa della silice.

La soda si ritraeva una volta quasi esclusivamente dalle ceneri — ottenute mediante la combustione — d'alcune piante marine; oggi però, mercè i rapidi progressi della chimica, si ottiene la soda artificialmente e con lieve dispendio. La potassa, che può essere vantaggiosamente impiegata in luogo della soda, è non meno conosciuta e comune; lo sanno le lavandaie, che per fare il bucato adoperano la cenere, appunto perchè contiene la potassa in gran copia. Passeremo ora a discorrervi delle varie specie di vetri.

I *vetri incolori* sono composti di silice, combinata alla calce, alla potassa od alla soda (1). I vetri più belli, a basi di potassa e di calce, sono quelli di Boemia.

Per fare il vetro, si collocano le materie che devono comporlo, cioè sabbia e carbonati di potassa e di calce, entro appositi recipienti simili a grandi

(1) Nelle proporzioni di 73 di sillice, 15 di calce e 12 di potassa o di soda.

pentole di varia forma, detti *crogiuoli.* Questi vengono collocati in numero di otto o dieci entro ad una

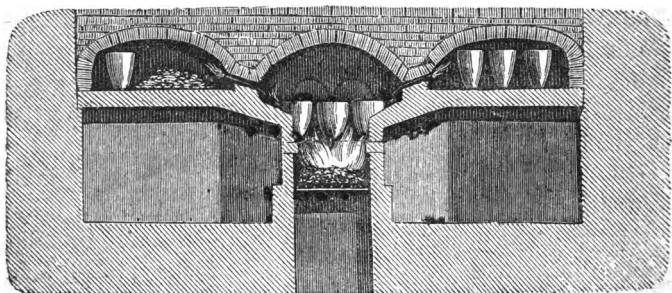



Fig. 86. Fornace vetraria.

fornace divisa in tre scompartimenti, in ciascuno dei quali penetra la fiamma in guisa da lambire esterna-

Fig. 87. Soffiatura del vetro.

mente i singoli crogiuoli. L'unita figura 86 rappresenta in sezione una di queste fornaci.

Per ottenere la fusione delle sostanze che devono

comporre il vetro è mestieri riscaldarle sino alla temperatura di 1500 gradi. A temperatura tanto elevata, si liqueferebbero tanto i mattoni comuni quanto le stoviglie; per tal motivo le fornaci dei vetrai vo-

Fig. 88. Soffiatura del vetro 2.ª fase.

Fig. 89. 3.ª fase.

gliono essere costrutte con mattoni speciali, detti *refrattarii*, perchè formati di una particolare qualità di argilla che non si fonde neppure a quella temperatura; si fabbricano con la stessa qualità di argilla anco i crogiuoli destinati a contenere i componenti

del vetro; questi ultimi subiscono nei due scompartimenti laterali della fornace una cottura, o più tecnicamente una *calcinazione* preliminare, cui si dà il

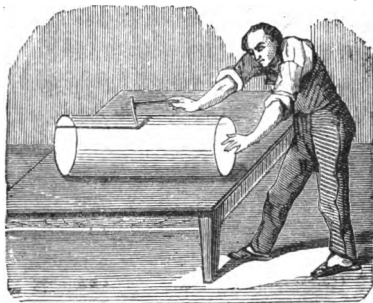



Fig. 90.

nome di *fritta*. Dopo questa prima cottura, si pone il prodotto della medesima entro a crogiuoli nel foco-

Fig. 91.

lare centrale; in essi la materia si liquefà e diviene vetro; allora non resta che a foggiarlo in varie guise nei modi e coi mezzi che passiamo a descrivere.

Il *bastone*, o *pipa*, che è l'ordigno più importante del vetraio, è un tubo cavo di ferro munito d'una impugnatura di legno. Per mostrarvi in qual guisa

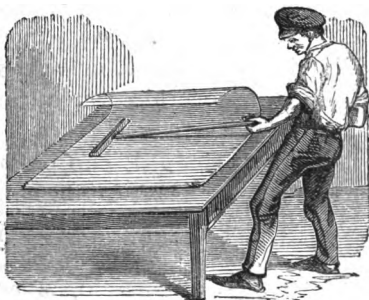



Fig. 92. Appianamento d'una lastra.

l' operaio fa uso di questo bastone, descriveremo la maniera con cui egli fabbrica una lastra di vetro.

Immerso il bastone nel crogiuolo contenente il ve-

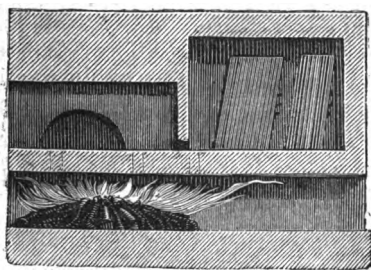



Fig. 93. Lastre di vetro nel forno

tro liquido, ne ritrae una certa massa, cui dà la forma d' una pera (figura 87); soffiando continuamente nella canna, aumentano le dimensioni della pera, che assume la forma indicata nella figura 88.

Facendo subire alla massa replicati movimenti rotatori, l'operaio dà al vetro la forma rappresentata nella figura 89. Ei prende quindi le forbici e taglia con esse rapidamente la cupola che chiude il cilindro di vetro ancora molle per l'alta sua temperatura. Per istaccare poi il cilindro di vetro, così ottenuto, dall'estremità del bastone, l'operaio versa una goccia di acqua nel púnto in cui la canna tocca il vetro e vi applica tosto un filo rovente, il che produce una separazione netta ed immediata; taglia quindi il cilindro nel senso della sua lunghezza, servendosi opportunamente d'una goccia d'acqua e d'una punta di ferro rovente (fig. 90). Dopo ciò, si porta il vetro in altro forno (fig. 93), destinato a ridare al vetro un certo grado di calore, da lui perduto durante le accennate manipolazioni. Quando il vetro si è sufficientemente rammollito, per effetto del calore, un operaio munito d'un regolo, distende, sur una tavola piana, a diritta ed a sinistra, i due lembi del cilindro (fig. 91); scorrendo quindi rapidamente sulla superficie del vetro con un regolo foggiato a T, ei distende completamente la lastra (fig. 92). Per ultimo la si colloca un'altra volta nel forno (fig. 93), onde, ricuocendosi lentamente, acquisti poi maggior durezza; la si lascia quindi lentamente raffreddare, e si ha una lastra di vetro bella e fatta.

II.

La soffiatura meccanica. — Fabbricazione delle lastre da specchi a Saint-Gobain. — L'*amalgama.* — Un consiglio di Liebig: curiosissimo esperimento.

Tanto per ottenere cilindri di vetro, e quindi lastre di grandi dimensioni, quanto ancora per risparmiare all'operaio l'incomoda soffiatura, che dovendo essere ripetuta con frequenza, riesce dannosa alla salute, si ideò in questo secolo la soffiatura meccanica, affidando ad una pompa opportunamente congegnata l'incarico della soffiatura.

Tuttavia coi vetri soffiati non si possono raggiungere quelle grandi dimensioni e quella perfetta omogeneità che si riscontra nelle colossali lastre di vetro che ammiriamo nei moderni specchi; questi prodotti dell'arte vetraria raggiunsero recentemente alto grado di perfezione mercè nuovi processi adottati nell'officina francese di Saint-Gobain, nella quale, se non vi spiace, ci introdurremo sotto la guida del signor Cochin (1) che la illustrò diffusamente.

« Entrando di notte, per la prima volta, in una delle ampie sale di quell'officina, tutto è tenebre, i forni son chiusi e non mandano luce alcuna, ma un orecchio attento ode tosto il rumore d'un violento fuoco prigioniero. A quando a quando un operaio apre

(1) *La manufacture des glaces de Saint-Gobain de* 1665 *a* 1865.

una porticina del forno per esaminarvi lo stato della mescolanza che vi bolle già da molte ore; allora lunghe fiamme azzurrognole illuminano fantasticamente le muraglie ed il suolo, sul quale si scorgono coricati seminudi gli operai che dormono tranquillamente attendendo che la materia racchiusa nel forno giunga all'alta temperatura necessaria. Improvvisamente si ode il suono di una campana, e l'acuto fischio del brigadiere desta e chiama al lavoro una squadra di operai. Il lavoro incomincia tosto con l'attività e la precisione di una manovra di artiglieria. Si aprono i forni, il liquido incandescente passa da questi nelle secchie che meccanicamente vengono trasportate al di sopra d'una vasta tavola di ferraccio; ad un segnale convenuto la secchia si inclina, un

Fig. 94. Fabbricazione delle lastr

bel liquore brillante, trasparente ed oleoso si versa sulla tavola e si espande come molle cera; due operai vi passano sopra un cilindro che, scorrendo sul

vetro ancor molle, ne appiana completamente la superfice (fig. 94); le dimensioni della lastra sono determinate da quattro verghe di ferro disposte a guisa di rettangolo sulla tavola di ferraccio. Questa è collocata espressamente in faccia alla bocca d'un forno, poichè, non appena la lastra di vetro ha acquistata, raffreddandosi, sufficiente consistenza, viene introdotta nel forno per rimanervi tre giorni circa onde esservi ricotta e poscia raffreddata lentamente. — Una nuova secchia si versa sulla tavola e forma una nuova lastra; la colata dura così un'ora all'incirca, e poi, chiusi i forni, tutto rientra nelle tenebre e non si ode altro rumore tranne quello continuo del fuoco che fonde nuove materie per una nuova colata.

vetro colato per grandi specchi.

« Trascorsi tre giorni si tolgono le lastre dal forno, si levigano e si puliscono collo smeriglio.

« Per trasformarle in specchi riflettenti si colloca una sottil foglia di stagno sopra un tavolo legger-

mente inclinato, e sulla foglia si versa il mercurio; questi ha la proprietà di aderire allo stagno formando una lega che dicesi *amalgama;* si prende poscia una lastra di vetro, la si spinge sul tavolo; il mercurio sovrabbondante, prigioniero fra la lastra di vetro e lo stagno, si espande è dopo aver colmato ogni interstizio giunge agli orli e ne esce in minutissime goccioline; tuttavia lo specchio non può dirsi ancora ultimato, poichè a mantenervi aderente l'amalgama convien caricare la lastra di vetro con gravi pesi e lasciarveli parecchi giorni.

« Oltre alla difficoltà di laminare e battere lo stagno in sottilissima foglia senza lacerarlo ed oltre all'alto prezzo del mercurio, l'operazione da noi descritta presenta un inconveniente ben grave, poichè, per quante precauzioni si prendano, la salute degli operai risulta seriamente compromessa.

« Per rimediare a questo male, l'illustre chimico Liebig suggerì l'impiego, per nulla nocivo, d'una soluzione ammoniacale di nitrato d'argento e d'acido tartarico. L'operazione con cui si ottengono gli specchi a questa guisa, riesce graziosissima; si versano sul vetro due liquidi del tutto incolori come l'acqua, ed in capo a pochi istanti l'argento comparisce e si distende uniformemente sul vetro ».

III.

Vetro di bottiglie o *vetro nero.* — Le bottiglie da Bordò. — *Tubi di vetro:* fabbricazione, applicazioni. — *I vetri colorati* e *le pietre preziose artificiali,* loro antichità. — Commercio lucrosissimo. — Un ingannatore ingannato. — Lo strass. — La faccettatura delle pietre preziose artificiali. — Le perle comuni e le perle orientali.

Vetro da bottiglia. Per preparare questo vetro, detto anche *vetro nero,* si adoperano sabbie ocracee, poichè il ferro ossidato che queste contengono dà alla massa maggior fusibilità. Si mescola alla sabbia, soda greggia, cenere di legna ed avanzi di vecchie bottiglie. Comunemente, i forni destinati alla cottura di questa specie di vetro contengono sei grandi crogiuoli, che, riempiuti di quella mescolanza, si tengono esposti al fuoco per sette od otto ore.

Per fabbricare una bottiglia, il garzone immerge a più riprese il suo bastone nel vetro fuso, fino a tanto che abbia ritirata la quantità necessaria, ed ogni volta gira il bastone fra le mani. Il *soffiatore* prende allora il bastone, appoggia il vetro sopra una tavola di ferraccio e fa girare il bastone per formare la parte superiore della bottiglia; soffia quindi nel bastone fino a che il vetro assume la forma d'un uovo. Ei segna poscia il collo della bottiglia, la riscalda nel forno, soffia in essa ancora una volta, dopo averla introdotta in una forma di bronzo, grazie alla quale la bottiglia acquista la configurazione e le dimensioni volute. Per foggiare il fondo della bottiglia, l'ope-

raio appoggia uno degli angoli d'una lastra rettangolare di ferro nel centro della base della bottiglia, e gira quest'ultima facendo girare il bastone. Allora non si ha altro a fare che staccare la bottiglia dalla canna, ed aggiungere un cordoncino di vetro ancor molle alla parte superiore del collo (fig. 95).

La figura 96 rappresenta la forma con cui si fabbricano le bottiglie pel vino di Bordò, della precisa

Fig. 95. Fabbricazione delle bottiglie nere.

capacità di 70 centilitri. La forma, come facilmente si scorge, è in due pezzi, l'uno dei quali si muove, a cerniera, di fianco all'altro e permette di estrarre per tal modo con tutta facilità la bottiglia fabbricata dal soffiatore.

Anco le bottiglie si mettono, come le lastre, nel forno a ricuocere, e vi si lasciano quindi lentamente raffreddare.

I tubi di vetro si fabbricano in modo analogo a quello di cui abbiam discorso fin qui, mettendo cioè

a partito la grandissima malleabilità e duttilità di cui è dotato il vetro quando è rammollito dal calorico. Onde ottenere i lunghi tubi di vetro — tanto utili

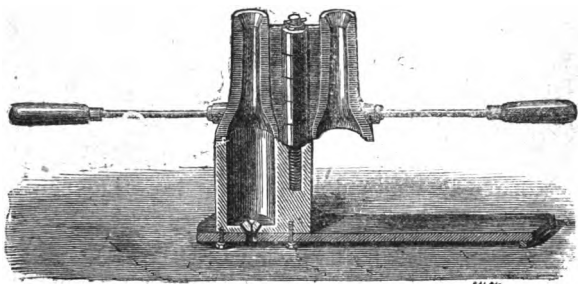



Fig. 96. Forma per bottiglia da bordò.

nei laboratorii chimici per condurre i gas e costruire molteplici apparati — un operaio prende col

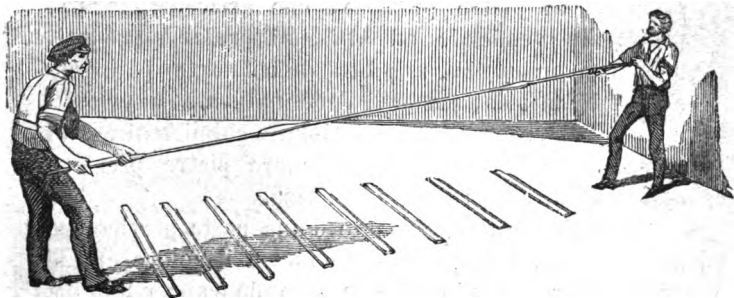



Fig. 97. Fabbricazione dei tubi di vetro.

suo bastone una certa massa di vetro e la foggia a sfera, all'incirca come nella figura 87. Un altro operaio prende allora (fig. 97) con una verga di ferro l'estremità della massa di vetro soffiata ed

ancor molle, e si allontana camminando a ritroso; per tal guisa la massa di vetro si allunga di più in più, mantenendosi sempre cava nel suo interno. Tagliando quindi le estremità del lungo canale così ottenuto, si hanno i tubi del diametro che si desidera.

Volendo ottenere dei tubi ricurvi, convien piegarli sopra modelli di ferraccio mentre il vetro è ancora tenero.

Vetri colorati e pietre preziose artificiali. — L'arte di colorare la pasta del vetro onde ottenerne mille svariati oggetti d'ornamento, è antichissima. Strabone (1) riferisce che i sacerdoti egiziani fabbricavano già da secoli, con arte segreta al popolo, dei vetri del colore del giacinto, del rubino, dello smeraldo e d'altre pietre preziose.

Plinio accenna, nelle sue opere, all'alto grado di perfezione cui erano giunti ai suoi tempi i falsificatori di pietre preziose, che arricchivano rapidamente vendendo ad altissimi prezzi i prodotti della loro industria, che ben difficilmente potevano essere distinti dai prodotti della natura.

I grandi progressi realizzati dalla chimica ai nostri giorni permettono ora di ottenere pietre preziose artificiali di straordinaria bellezza.

Tutte queste sono formate d'una pasta particolare detta *strass*, alla quale si comunica il colore che si desidera mescolando ad essa, quando è ancor liquida, certi ossidi metallici, oppure, a seconda dei casi, oro, argento, solfo od altri ingredienti.

Lo strass è un vetro purissimo o *cristallo*, com-

(1) Geografo e storico greco; nacque a Damasco cinquant'anni prima dell'èra volgare, visse a lungo in Egitto.

posto di 38 parti di silice, 53 di ossido di piombo, 8 di potassa e lievissima quantità di allumina, borace ed acido arsenico (1).

Ottenuta la pasta del colore che più si desidera, la si infrange a colpi di martello onde ricavarne pezzi delle volute dimensioni. Un operaio prende allora uno di quei pezzi e lo salda all'estremità di un'impugnatura di legno guernita di ferro e quindi preme costantemente una faccia del pezzo di vetro sulla superficie d'un tavolo circolare animato da continuo movimento rotatorio. La superfice del tavolo, ricoperta da una lastra di rame, è cosparsa di minuta polvere di smeriglio; in virtù del continuo movimento del tavolo, il pezzo di vetro viene continuamente corroso e levigato da quella polvere. Variando opportunamente l'inclinazione dell'impugnatura, l'operaio ottiene sulla pietra altrettante faccette, disposte

(1) Ecco le formule più in uso per la fabbricazione d'alcune pietre preziose artificiali:

Ametista. — 1000 parti di strass e 25 d'ossido di cobalto.

Avventurina. — La migliore si fabbrica a Venezia, ove il segreto è gelosamente custodito già da molti anni. Il chimico Pelouze ottenne una bella avventurina, dura tanto da intaccare il vetro, prendendo 250 parti di sabbia, 100 di carbonato di soda, 50 di carbonato di calce e 40 di bicromato di potassa.

Rubino. — 1000 parti di strass, 40 di vetro d'antimonio, 1 di porpora d'oro (composta d'oro e stagno).

Smeraldo. — 1000 parti di strass, 8 d'ossido di rame e 0,2 d'ossido di cromo.

Zaffiro. — 1000 parti di strass e 25 d'ossido di cobalto, con grado di cottura minore di quello necessario a produrre l'ametista.

ed inclinate le une rispetto alle altre in modi prestabiliti.

Le paste di vetro colorato, ridotte, nel modo già descritto, in tubi cilindrici di piccolo diametro, servono alla fabbricazione delle perle artificiali. A tale scopo si taglia il tubo di vetro, mentre è ancor caldo, in piccoli pezzetti di lunghezza eguale al diametro del tubo, e così si ottengono quei cilindretti cavi internamente, che infilzati e disposti ad arte sui vestiti delle nostre damine concorrono ad aumentarne l'eleganza.

Collocando quei cilindretti, mentre sono ancor caldi, entro ad un recipiente di ferro, animato di continuo moto rotatorio intorno al proprio asse, gli spigoli dei cilindretti si logorano — pel continuo attrito — l'un contro l'altro. Onde impedire che abbiano a compenetrarsi, si colloca nel recipiente una mescolanza di gesso e grafite polverizzato, ovvero di polvere di carbone mista ad argilla.

Dopo un certo tempo quei cilindretti si trasformano, mercè il continuo attrito, in altrettante piccole sfere forate lungo l'asse; si estraggono dal recipiente onde assortirle e pulirle dalla terra che le ricopre, e poscia si infilzano per formarne corone da rosario, braccialetti, collane e simili.

Le vere perle artificiali si ottengono in altra guisa. L'operaio siede dinanzi ad una lampada, e dopo aver tagliato un tubo di vetro trasparente, di piccolo diametro, in pezzi lunghi da 10 a 15 centimetri, ne prende uno e ne riscalda le estremità alla fiamma della lampada. Quando il vetro incomincia a liquefarsi, l'operaio soffia nel tubo, e tosto all'estremità rammollita comparisce una bolla; allora l'operaio,

con un piccolo colpo secco, stacca quella bolla dal tubo. Per meglio imitare le perle naturali, un bravo operaio deve istaccare abilmente la perla mentre è ancor molle affinchè presenti quelle piccole schiacciature o quei leggeri rigonfiamenti che caratterizzano le perle naturali.

Le perle così ottenute sono ancora trasparenti; per dar loro quel vago aspetto madreporico che rende tanto pregiate le perle orientali, si fa penetrare, nel forellino che attraversa la perla falsa, una colla, ottenuta facendo bollire ritagli di carta pecora. Quando la colla sta per asciugare, l'operaio introduce nel forellino la materia colorante; è questa una pasta iridescente che si ricava dalle scaglie lucenti d'un piccol pesce, che perciò appunto dicesi *argentino,* mescolate ad ammoniaca.

Le perle, gli smalti, i vetri filigranati e l'avventurina si producono quasi esclusivamente nelle fabbriche di Venezia e Murano, le quali dispongono di 84 vasi di fusione, danno lavoro a 5000 operai, spendono da 6 a 7 milioni per acquisto di materie prime, largamente compensati dal valore dei prodotti, che giunge a circa 11 milioni.

IV.

Gli spettacoli e le feste. — Incendii, vittime umane. — Il VETRO SOLUBILE e la combustione senza fiamma. — Il dottore Fuchs. — I pavimenti di mattoni e gli organi della respirazione. — Il vetro e gli strumenti d'ottica. — Il *flint-glass* ed il *crown-glass.* — Dollond. — L'acromatismo delle lenti.

Dalle perle agli spettacoli ed alle feste corre poca distanza: ne approfittiamo per parlarvi ancora d'una

applicazione fra le più importanti che il vetro abbia ricevute fino ad ora, e la cui utilità può essere specialmente apprezzata nelle feste e negli spettacoli.

Chi non ha avuto occasione di deplorare le molte volte i rapidi e disastrosi effetti del fuoco! Ora è un teatro che abbrucia seppellendo parte degli spettatori imprigionati in mezzo alle fiamme; altravolta è una fanciulla che, vestita di leggerissimi veli, festante e gioiosa pensando alla festa da ballo verso cui è diretta, arde improvvisamente per una scintilla caduta sulle sue vesti e muore in pochi minuti in mezzo ad atroci dolori.

Tutti conoscono queste sciagure, tutti le deplorano, e tuttavia ben pochi, ma pochi assai, fanno ciò che conviene per rendere codeste sciagure, se non impossibili del tutto, almeno straordinariamente rare.

Si potrebbero forse impedire gli incendii?

Pur troppo l'uomo non può tanto, ma può neutralizzare l'intensità della fiamma che, eccitata dal vento, estende e comunica l'incendio con spaventosa rapidità. Per neutralizzare la fiamma si adopera il *vetro solubile* inventato nel 1825 dal dottor Fuchs di Monaco.

Per ben apprezzare l'importanza di quest'invenzione e comprendere in qual maniera il vetro solubile può impedire la fiamma, basta considerare che tutti i corpi vegetali, come legna, tessuti, carta, ecc., non possono ardere con fiamma, senza il concorso di due condizioni: una temperatura molto alta, ed il contatto con l'aria che contiene l'ossigeno necessario alla combustione. Sopprimete il contatto dell'aria mercè uno strato di vetro solubile, e quelle materie si abbrustoliranno, si carbonizzeranno lentamente, ma non daranno mai fiamma.

Per ottenere il vetro solubile si pone a fondere, entro un crogiuolo refrattario, una mescolanza di 10 parti di potassa, 15 parti di quarzo ridotto in minutissima polvere, ed una parte di polvere di carbone. Quando questa mescolanza è fusa, si ha del vetro che si cola e si lascia raffreddare, lo si polverizza e quindi lo si stempera, in quattro o cinque volte il suo peso d'acqua bollente, e così si ottiene il vetro solubile che, applicato con un pennello alla superfice dei corpi, asciuga rapidamente e li preserva quindi dagli incendi.

Il vetro solubile ha anche un'altra applicazione più modesta ma non meno importante:

I mattoni, generalmente adoperati pei pavimenti delle stanze d'abitazione, si decompongono sotto l'azione del tempo e per lo sfregamento prodotto dai passi; codesta decomposizione produce una polvere minutissima che, mescolandosi con l'aria delle stanze, vien da noi inspirata con gravissimo scapito dei nostri organi respiratorii. Per impedire la formazione di quell'incomodissima polvere, basta spalmare i pavimenti di mattoni, dapprima con una soluzione molto diluita di vetro solubile, poscia con una soluzione, alquanto più concentrata, della stessa soluzione.

La perfetta trasparenza del vetro solubile permette, infine, di adoperarlo vantaggiosamente per preservare preziosi dipinti dalle nocive influenze atmosferiche.

Fin dal principio di questo articolo, enumerando le molteplici applicazioni del vetro, abbiamo accennato alla somma sua importanza per la fabbricazione degli strumenti d'ottica, riserbandoci a ritornare sull'argomento quando parleremo di questi stromenti; vogliamo ora accennare la composizione di quei cri-

stalli, che foggiati in forme opportune, servono, sotto il nome di *lenti*, alla costruzione dei cannocchiali, dei telescopii, dei microscopii e d'altri apparati d'ottica.

Due specie di cristalli, l'una detta *flint-glass*, l'altra *crown-glass*, sono adoperate nell'ottica in virtù di particolari pregi che le caratterizzano.

Il *flint-glass* si compone di

Sabbia.	100	chilogrammi
Minio (ossido di piombo)	100	»
Potassa	30	»

Quanto più queste materie son pure, ovvero scevre di sostanze eterogenee, tanto più limpida e trasparente riesce la massa di vetro che ne risulta, dopo averle esposte, nella fornace, a fuoco continuo per otto giorni.

Pel *crown-glass* si mescolano:

Sabbia.	120	chilogrammi
Potassa	35	»
Sale di soda.	20	»
Creta	15	»
Arsenico bianco . . .	1	»

La sovrapposizione di lenti costrutte con queste due specie di cristalli permise all'inglese Dollond di ottenere, nel 1758, strumenti d'ottica *acromatici*, mercè i quali si poterono vedere, per la prima volta, attraverso ad un cannocchiale, gli oggetti vestiti coi loro colori naturali, mentre tutti i cannocchiali costrutti prima d'allora, come pure quelli che anco al presente si costruiscono con lenti di vetro ordinario, presentano tutti gli oggetti circondati da frange iridescenti che grandemente nuocciono alla chiarezza.

L'ARTE CERAMICA (1).

I.

Origine della ceramica. — Le corna degli animali. — I primi vasi di terra. — Osservazione ed esperienza. — Le stoviglie ed i mattoni esposti al fuoco. — Progressi della ceramica.

I primi uomini, privi degli utensili e degli arnesi più semplici, si dissetavano nelle onde dei fiumi, immergendovi le labbra. L'incomodità di questa posizione, fece sorgere in taluno il pensiero di raccoglier l'acqua nel cavo della mano, e questi diede per tal modo la prima idea dei vasi destinati a contener liquidi. Era già un primo passo sulla via del progresso, ma tuttavia, non dovette correr molto tempo prima che un pastore, più accorto o più pigro degli altri, pensando all'incomodità che pur recava questo atto e all'impossibilità di trasportare l'acqua a qualche distanza dalla fonte, si giovasse delle corna dei capri, dei montoni e dei buoi, che essendo cave, son veri vasi.

La parola *ceramica*, che vale oggi ad indicare l'arte di preparare tutte le stoviglie, dalla più rozza alla più ornata, dalla piccola ed antica lampada di

(1) Nella compilazione di questo articolo ci siam valsi largamente della pregiata opera del signor Jacquemart in due volumi: *Les merveilles de la Céramique.*

terra, ai moderni e colossali lavori in porcellana che escono dalle reputatissime fabbriche di Doccia in Toscana, di Sèvres in Francia e di Meissen in Sassonia, questa parola avrebbe la sua origine nel vocabolo greco *Keramos*, che vale corna, e che sarebbe stato adottato dagli antichi greci, per rammentare in tal guisa la prima origine di tutti i vasi domestici.

Quei rozzi utensili si trasformarono gradatamente in oggetti d'arte, mercè gli intagli ed i bassorilievi, dapprima molto grossolani e poscia di più in più gentili, di cui gli ornarono i loro possessori.

L'idea di fabbricarsi vasi artificiali a simiglianza di quelli forniti dalla natura, non deve aver tardato molto a svilupparsi. Il giorno in cui l'uomo si avvide per la prima volta che alcune qualità di argilla (1) inzuppate dalla pioggia formano una pasta che conserva l'impronta dei passi, ebbe principio l'arte di modellare quella terra. Con essa si costituirono rozze stoviglie, si turarono i vani rimasti fra i tronchi d'albero intrecciati che costituivano la rozza capanna. Quelle stoviglie e quell'intonaco asciugavansi ed indurivansi ai raggi del sole, ma stempravansi poi al ricomparir della pioggia. Il giorno in cui sopra un suolo argilloso, riuniti fortuitamente dei tronchi d'al-

(1) Questa sostanza, molto abbondante negli strati superiori della nostra Terra, risulta dalla combinazione di due corpi semplici, la silice e l'allumina. L'argilla si riconosce facilmente al tatto, per l'apparenza grassa ed untuosa; impastandola con acqua, se ne ottiene una massa compatta che può essere modellata a piacimento e conserva la forma che le si attribuisce. Esponendo questa pasta ad un intenso calore, essa perde la sua elasticità, divien dura come pietra ed impermeabile all'acqua.

bero ed acceso un gran fuoco, un attento osservatore riconobbe che il terreno cambiava natura, assumeva una tinta rossastra, diveniva sonoro ed impermeabile all' acqua, in quel giorno sbucciò la prima idea di cuocere le rozze stoviglie di terra. Altrove un caso diverso avrà condotto un altro osservatore alle stesse conclusioni: quelle stoviglie che accidentalmente erano state esposte al fuoco, avevano acquistata, per ciò solo, una durata molto maggiore delle altre e non si sciupavano all'acqua. Questi fatti son troppo semplici, troppo comuni per poterne fissar l'epoca; ogni tribù avrà avuto, molto probabilmente, il suo inventore in questo ramo dell'industria umana. Tutti i popoli della Terra, dal più remoto Oriente all' estremo Occidente, coltivarono la ceramica; limitaronsi dapprima alla produzione delle stoviglie più grossolane per gli usi domestici, e dei mattoni che, opportunamente disposti, diedero abitazioni meglio riparate dalle intemperie. Coll' ingentilirsi dei costumi, sorsero gradatamente le arti; quei prodotti dell'industria umana che dapprima rispondevano esclusivamente ai bisogni più materiali, subirono successivi perfezionamenti; dalle rozze stoviglie e dagli informi mattoni della più remota antichità, si giunse, passo passo, fino alle ricche porcellane, ai più stupendi lavori in terra cotta, ornata e smaltata, che adornano i più sontuosi palazzi dei nostri giorni.

Vedremo nel progresso di questo scritto in qual modo si ottengono tanto i più modesti quanto i più sublimi lavori dell'arte ceramica, e ne descriveremo i singoli procedimenti; ma prima, seguendo il nostro sistema, vogliamo esporre brevemente il progressivo sviluppo dell' arte ceramica, presso le nazioni che maggiormente vi si dedicarono.

II.

Il basso Egitto, il limo del Nilo e l' Archeologia. — Terre cotte egiziane. — L'imperatore *cinese* Hoang-Ti e l' invenzione della porcellana. — Caolino e terra di Vicenza. — Le mura di Ecbatana e di Babilonia.

I più antichi prodotti dell' arte ceramica si rinvennero nel basso Egitto. Scavandone il suolo, lentamente formatosi col limo annualmente depositato dalle grandi piene del Nilo, si rinvennero, a notevoli profondità, dei frammenti di terre cotte smaltate. Giudicando dal numero dei sottili strati di limo accumulatisi annualmente, l'uno sull'altro, sopra quelle terre cotte, si riconobbe che esse devono trovarsi in quel posto da ben 13,000 anni.

Nell' interno delle grandi piramidi ed in mezzo agli avanzi delle antiche necropoli egiziane, si rinvennero vasi di terra cotta di forme eleganti, smaltati a varii colori, ornati con figurine od iscrizioni geroglifiche che fanno risalire, l' antichità di quei prodotti ceramici, a venti secoli prima dell' Era volgare. Si rinvennero del pari statuette di terra cotta, simboleggianti le principali divinità egiziane: Pacht, la divinità solare, con testa di leonessa, Ra, il dio Sole, colla testa di sparviero, Anubi, dalla testa di lupo, e mille altri tratti dal mondo animato.

Le terre cotte egiziane contengono il 92 % di silice, la pasta è ben compatta e propria a ricevere i più delicati rilievi. Il più delle volte son ricoperte da smalto brillante; ben di rado lasciano scorgere la

tinta bianca della mica, ma sono colorate in azzurro od in verde con ossido di rame o di cobalto.

La lampada che riproduciamo (fig. 98), il cui originale ammirasi al Museo egiziano, nel palazzo del Louvre a Parigi, è in terra smaltata bleu e rivela uno stadio già inoltrato nell' arte ceramica, sebbene gli intelligenti le accordino non meno di 30 secoli.

Passando dall' Egitto all' estremo Oriente, troviamo un popolo, mercè il quale l' arte ceramica

Fig. 98. Lampada egiziana.

salì a grande altezza mentre l' Europa era ancora immersa nella barbarie. Come in tanti altri argomenti, così anco nella ceramica i cinesi fecero grandi progressi già da migliaia d' anni.

Durante il regno di Hoang-ti, fra il 2698 ed il 2599, Kuuen-ù scoperse i primi segreti dell'arte ceramica. Appena ebbe contezza di quell' invenzione, il sovrano ne apprezzò tutta l'importanza, fondò apposita fabbrica e nominò un intendente affinchè ne sorvegliasse lo sviluppo.

È molto probabile che quei primi lavori non fossero di porcellana, poichè le ricerche degli eruditi

stabiliscono i primordi delle *stoviglie caoliniche*, ossia di porcellana (1), fra gli anni 185 prima e 87 dopo l'êra volgare.

Fra i monumenti ceramici costrutti in Cina, il più colossale ed il più degno di memoria fu senza dubbio la gran torre rivestita di porcellana che ammiravasi nelle vicinanze di Nankin. Questa torre, che qui riproduciamo (fig. 100) ricavandola da una stampa cinese che i sacerdoti buddisti del *Tempio della Gratitudine e della Riconoscenza* distribuivano ai visitatori in cambio delle loro elemosine, più non esiste, fu distrutta dai Taiping, quei pericolosi ribelli che spinsero quasi sino all'orlo della rovina la dinastia Thsing, attualmente regnante.

Codesta torre simboleggiava, nel concetto buddista, la sovrapposizione delle sfere costituenti i cieli. Otto catene di ferro partivano dal comignolo dell'edificio, scendevano sugli otto angoli sporgenti e sostenevano 72 campanelle di bronzo; altre 80 campanelle ornavano gli angoli dei tetti a ciascun piano, ed all'esterno di ciascuno dei nove piani pendevano 128 lampade; altre 12 lampade di porcellana decoravano il centro dell'ottagono al piano terreno.

La fabbricazione delle porcellane cinesi giunse al suo apogeo intorno al 1465; i vasi di quell'epoca sono i più pregiati dai collezionisti.

(1) Dicesi *caolino* il risultato della decomposizione naturale, prodotta dall'umidità e dall'acido carbonico dell'aria, di certe roccie chiamate *feldspatiche;* chimicamente, il caolino è un silicato d'allumina puro. Il caolino esiste in molte parti d'Italia; quello delle vicinanze di Schio, noto in commercio col nome di *terra di Vicenza*, è uno dei migliori che si conoscano per la fabbricazione della porcellana.

Lo storico Erodoto narra che le mura di Ecbatana, capitale della Media, erano dipinte a sette colori; se questi colori, applicati a terre cotte, erano vetrificati, bisognerebbe quindi far risalire ad epoca antichissima i rivestimenti smaltati dell'Asia Minore.

Se questo punto storico non è ancora chiarito, possiamo però stabilire, mercè le raccolte che si conservano nei musei d'antichità, di qual natura fossero le muraglie d' un' altra città celebre, Babilonia; l'età di

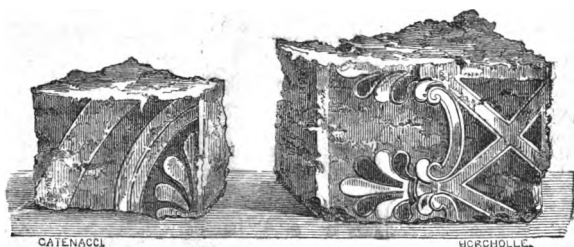



Fig. 99. Mattoni smaltati, rinvenuti nelle rovine di Babilonia.

questi monumenti potrebbe essere discussa, ma, prendendo per minima l'epoca della distruzione di quella città per mano di Dario, si giunge ancora all'anno 522 prima dell'êra volgare, data abbastanza rispettabile.

I mattoni di Babilonia son formati di argilla roseo-giallognola e son ricoperti d'una vernice vitrea composta di silicati alcalini, di allumina, senza tracce di piombo o di stagno. L'argilla non ne è ricoperta totalmente, ma è in parte lasciata a nudo; con la sua tinta rosea giova a far spiccare i disegni nei quali domina l'azzurro degli Egiziani ed il bianco più o meno puro rialzato con qualche punto giallo, che senza dubbio dev'essere attribuito ad ocre ferruginose.

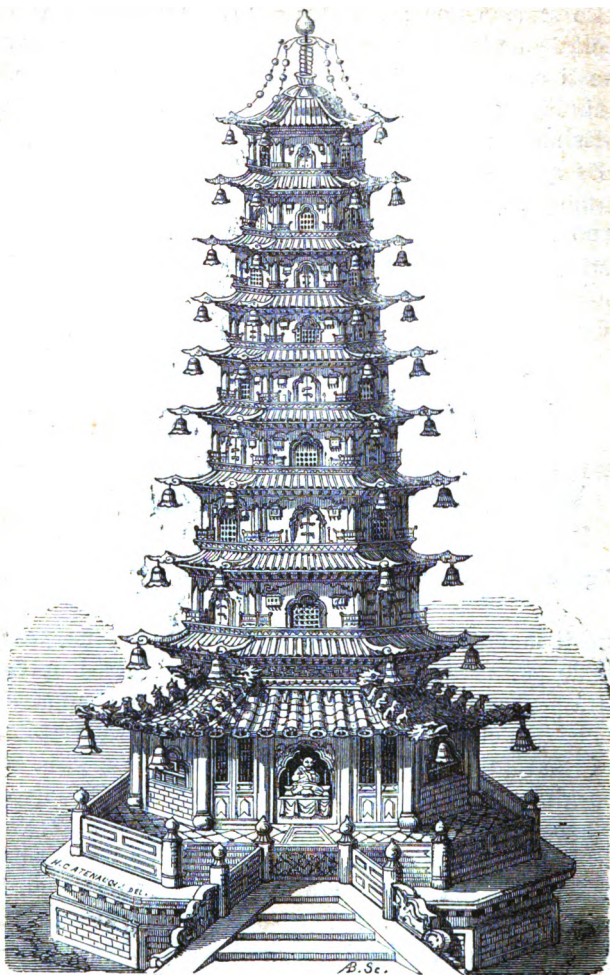



Fig. 100. Torre di porcellana già esistente a Nankin.

Si sapeva già dalla storia che i mattoni di Babilonia formavano rivestimenti alle sponde del fiume ed alle muraglie interne della città; recenti scoperte dovute agli scavi espressamente eseguiti, per indagini storiche, dal console francese Place nelle rovine del palazzo assiro di Khorsabad, confermarono queste indicazioni e provarono l'esattezza delle descrizioni lasciateci dallo storico Diodoro. Si trovò ancor ritto un muro lungo ventun piedi ed alto cinque, intieramente rivestito di mattoni dipinti, con disegni a colori vetrificati, rappresentanti uomini, animali ed alberi.

III.

La ceramica greca. — Omero ed i vasai di Samo. — Dedalo e la *ruota del vasaio*. — Vasi etruschi. — I Mori nelle Spagne e il culto per le arti belle. — L'Alhambra, gli *azuleios*,

I primi prodotti dell'arte ceramica europea son dovuti ai Greci che anche questa appresero dai loro maestri, gli Egizii. L'amore per le arti belle ed il buon gusto dei Greci, giovò molto al perfezionamento della ceramica, che non tardò a propagarsi in tutti i luoghi da essi abitati. Ai tempi di Omero esistevano importanti fabbriche di vasellami in terra cotta nell'isola di Samo: il detto che si usa anco al presente, « *portare vasi a Samo* », prova appunto quanti se ne fabbricassero colà.

Quel grande poeta immortalò con un suo canto le fabbriche di Samo; leggendolo, lo crederesti scritto ai nostri giorni, tanto sono simili i processi descritti da Omero a quelli in uso anco al presente nelle fabbriche di stoviglie.

La mitologia greca attribuisce all'ingegnoso Dedalo, l'artefice del labirinto di Creta, l'invenzione del semplice apparecchio, detto la *ruota del vasaio*, mercè il quale fabbricansi anco al presente le stoviglie più comuni. Questo antichissimo congegno si compone d'un asse tenuto ritto in piedi: dal suolo in cui penetra

Fig. 101. La ruota del vasaio.

l'estremità inferiore dell'asse, e dal tavolo attraverso il quale esso passa. A quest'asse che, mercè l'indicata disposizione, può assumere un movimento rotatorio, sono applicati due dischi di legno di diverso diametro. Il disco maggiore è applicato a poca distanza dall'estremità inferiore, l'altro è applicato all'estremità superiore dell'asse. L'operaio seduto sopra una panca — posta in faccia al tavolo, attraversato dall'asse già menzionato — appoggia un piede sul disco infe-

riore e depone sul disco superiore una manata della pasta argillosa ch'ei vuol adoperare. Muovendo allora il piede in modo opportuno, l'operaio imprime al disco inferiore un movimento circolare, che si comunica all'asse e quindi anche al disco superiore così la pasta passa sotto alle dita dell'operaio, che, movendole con destrezza, la lavora circolarmente e ne ottiene a suo talento vasi d'ogni forma.

È difficile frenare lo stupore vedendo un abile operaio dare in pochi istanti le forme più svariate alla pasta argillosa; sembra quasi che il vaso nasca miracolosamente fra le dita industriose dell' artefice.

Nella nostra penisola, nei remoti periodi della civiltà etrusca, fiorì pure l'arte del vasaio; i numerosi avanzi di quest'arte rinvenuti nelle rovine delle antiche città etrusche, formano al presente le delizie degli amatori che pagano altissimi prezzi per arricchire i loro musei con le lampade, le urne cinerarie, i vasi ornati dell'antica Etruria; codesti prodotti sono rimarchevoli per la semplicità ed eleganza delle forme, che servono di modello anco al presente.

I disegni che vi presentiamo (fig. 102) sono copiati dal vero, nel museo di vasi antichi esistente a Parigi nel palazzo del Louvre.

La pasta di cui son composti è fina ed omogenea, di color rosso, sul quale spiccano vaghi disegni in smalto nero molto brillante, ottenuto, come vedremo, con una vernice di silice, resa fusibile mediante un alcali.

Lo splendore ed il lusso di Roma imperiale si riflettè pure sull'arte ceramica; i prodotti più stimati venivano dalle fabbriche di Tralle nella lontana Lidia, di Adria nell' Italia settentrionale, e di Cuma

nell'Italia meridionale. Godevano poi special favore le anfore di Coo, altra delle isole dell'arcipelago greco.

Caduta Roma per mano dei barbari, l'Europa intiera si trovò immersa nelle tenebre del medio evo, e l'arte ceramica rimase limitata alle produzioni più semplici e più indispensabili agli usi domestici.

I primi bagliori del ritorno verso il progresso ci vennero dai Mori, che entrati quali feroci guerrieri

Fig. 102. Vasi etruschi.

nella Spagna per esterminarvi i nemici di Maometto, si trasformarono ben presto in pacifici cittadini che dedicaronsi con amore allo studio delle scienze ed al perfezionamento delle arti. Le arti belle furono coltivate con vero entusiasmo dalle varie dinastie maomettane che si succedettero nel dominio delle provincie meridionali della Spagna. Esse gareggiarono nell'innalzare ovunque splendidi monumenti. Gli Almoravidi e gli Almoadi, originari del Marocco, stabilitisi a Granata, la arricchirono di opere d'arte sovrammodo eccellenti. Per eclissare la stupenda mo-

schéa di Cordova, ricca di rivestimenti ceramici del più bell' effetto, si proposero di edificare un monumento che la superasse in vaghezza e tramandasse alle generazioni più lontane l'abilità ed il buon gusto dei loro architetti. Mohamed-ben Alahamar, primo re di Granata, fece costruire negli ultimi anni del suo regno, intorno al 1273, quell'Alhambra, vero palazzo incantato, che forma anco al presente l' ammirazione di tutti gli intelligenti, ricco di ornamenti a frastagli, di rabeschi in terra cotta e di mattoni colorati a smalto (*azuleios*) del più vago effetto che idear si possa.

IV.

Le *maioliche*. — Luca della Robbia, sua invenzione, lavori suoi e de' suoi nipoti. — Gli smalti opachi e trasparenti, bianchi, colorati e iridescenti. — Maioliche toscane di Caffagiolo e di San Marco. — I doni principeschi e la cupola di Brunellesco.

Il fiorente commercio dei Mori diffuse per ogni dove i loro prodotti ceramici; le industri popolazioni italiane del quindicesimo secolo, non meno dedite ai commerci, furono le prime ad apprezzare quei lavori e si studiarono di imitarli. Vuolsi da taluni che il nome di *maioliche*, che da noi si dà alle terraglie bianche, derivi dall'isola spagnuola detta *Maiorca* o *Maiorica* (la maggiore dell'arcipelago delle Baleari), nella quale erano appunto grandi fabbriche di stoviglie di questo genere. Comunque sia, l' arte ceramica incominciò da allora a fiorire nella nostra penisola e salì ad alta fama in particolare per un genere del

tutto nuovo di maioliche artistiche inventato da uno scultore fiorentino, nato nel 1388, per nome Luca

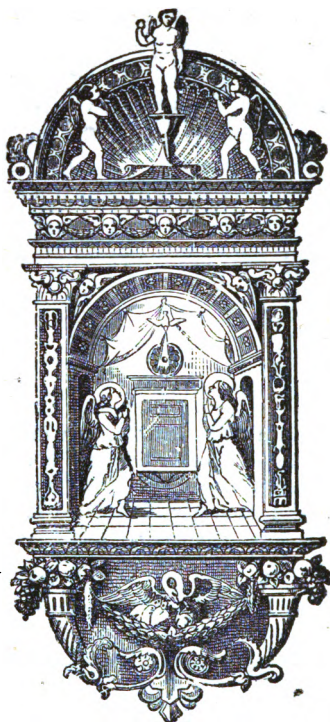



Fig. 103. Pala d'altare di Luca della Robbia.

della Robbia, il quale risolvette intorno al 1415, come narra il Vasari:

« di lasciare il marmo ed il bronzo che richiedono molta fatica e molto tempo per essere lavorati a dovere, mentre gli recavano pochissimo guadagno, e considerando che la terra

si lavorava agevolmente e con poca fatica, e che mancava solo trovare un modo mediante il quale le opere che di quella si facevano, si potessero lungo tempo conservare, andò tanto ghiribizzando, che trovò modo da difenderle dalle ingiurie del tempo: perchè dopo avere molte cose esperimentato, trovò che il dar loro una coperta d'invetriato addosso, fatto con stagno, terraghetta, antimonio ed altri minerali e misture cotte al fuoco d'una fornace apposta, faceva benissimo quest'effetto e faceva l'opere di terra quasi eterne. Del qual modo di fare, come quegli che ne fu l'inventore, riportò lode grandissima e gliene avranno obbligo tutti i secoli che verranno. E non bastando a Luca (prosegue il Vasari) questa bella invenzione tanto vaga e tanto utile, massimamente pei luoghi dove sono acque e dove per l'umido o altre cagioni non hanno luogo le pitture, andò pensando più oltre, e dove faceva le dette opere di terra semplicemente bianche vi aggiunse il modo di dare loro il colore con meraviglia e piacere incredibile d'ognuno. Onde il magnifico Piero di Cosimo de'Medici, fra i primi che facessero lavorar a Luca cose di terra cotta colorita, gli fece fare tutta la vôlta in mezzo tondo d'uno scrittoio nel palazzo edificato da Cosimo suo padre, con varie fantasie ed il pavimento similmente, che fu cosa singolare e molto utile per la state. La fama delle quali opere spargendosi non pure per l'Italia, ma per tutta l'Europa, erano tanti coloro che ne volevano, che i mercatanti fiorentini facendo continuamente lavorare a Luca, con suo molto utile, ne mandavano per tutto il mondo ».

Le opere di Luca della Robbia si distinguono pel saggio impiego dei processi di pittura vitrea: vero scultore, ei non si scosta mai dai principii dell'arte sua; un parco colorito fa spiccare le drapperie od i fondi delle soavi sue composizioni; le membrature son poche e quando son circondate da corone di foglie o di fiori, questi hanno dolce rilievo e sono scelti fra i più semplici, come la rosa selvatica od il gi-

glio. Lo stile puro, spesse volte raffaellesco, dei lavori di Luca non è il solo carattere che li rende ri-

Fig. 104. Luca della Robbia (da una stampa antica).

conoscibili; i metodi di cui si serve sono altrettante sue specialità: lo smalto ch' egli adopera è sottile, quasi trasparente; l' azzurro de' suoi fondi è

Fig. 105. Coppa a grotteschi della fabbrica di Caffagiolo.

Fig. 106. Coppa di Castel Durante, 1595. Apollo e Marsia.

calmo e moderato. Le opere di Luca, molto diffuse nelle chiese della Toscana, sono quasi tutte anteriori al 1471; ei morì nel 1481 lasciando le sue tradizioni e le sue sostanze al nipote Andrea, che era stato sempre al suo fianco.

Andrea, che era nato nel 1437, era già provetto nell'arte appresa dallo zio e perciò potè coltivarla molto onorevolmente e con lauti guadagni. I figli di Andrea, morto nel 1528, continuarono a dedicarsi all'arte inventata dal loro avolo. L'ospitale del Ceppo, a Pistoia, incominciato nel 1525 e compiuto da altre mani nel 1586, contiene pregiati lavori dei nipoti di Luca. Uno di essi, per nome Girolamo, si recò a Parigi verso il 1528 e vi eseguì molti bei lavori che colà si ammirano anche al presente. La figura 103 rappresenta una pala d'altare eseguita da Luca della Robbia, che ora appartiene al gabinetto *Sauvageot.* Il fondo è di un bell'azzurro, le figure sono bianche, le frutta ed il calice sono di un giallo aurato, le ghirlande son verdi. La maiolica componente questa bell' opera è grossa poco più di un pollice e mezzo.

Spentasi la famiglia della Robbia, l'arte inventata da Luca, che era rimasta segreta in famiglia, andò in parte perduta; tuttavia l' arte di fabbricare ed istoriar maioliche ad imitazione di quella famiglia continuò a fiorire in Italia; gli amatori di tutti i paesi tengono in gran pregio le maioliche italiane del sedicesimo secolo. Queste son composte d'un'argilla figulina mista a marna argillosa ed a sabbia.

Le stoviglie foggiate con questa pasta, nei modi ordinari, vengon poste a cuocere entro una fornace. Se l'argilla è pura, le stoviglie si mantengon bianche anche dopo la cottura; se è mista ad altre terre, la

cottura le fa rosse o brune. Dopo questa prima cottura, le maioliche vengono estratte dalla fornace e ricoperte d'una vernice o smalto, mercè la quale i vasellami acquistano la desiderata levigatura e lucentezza. Quando la pasta si mantenga bianca anche dopo la cottura (come è il caso nelle maioliche fine inglesi) si adopera uno smalto trasparente, composto di ossido di piombo, sabbia quarzosa e sal marino, ed attraverso a questa vernice si vede ancora il bianco colore della maiolica; quando invece quest'ultima risulti naturalmente colorata, è mestieri impiegare una vernice opaca, onde mascherare la brutta apparenza di quelle stoviglie. Questa vernice opaca si ottiene adoperando l'ossido di stagno in luogo dell'ossido di piombo.

Per applicare lo smalto alla superficie dei vasi, si spolverizzano gl'ingredienti già menzionati, si versa nell'acqua la polvere così ottenuta, e si agita l'acqua per impedire che quella polvere depositi al fondo; si immerge in quest'acqua il vaso di terra già cotto e che perciò è molto poroso ed assorbente. Per tal modo l'acqua si interna nei pori del vaso, mentre la polvere di smalto polverizzato rimane alla superficie. Collocando quindi quel vaso una seconda volta nella fornace, l'acqua penetrata nei pori, si evapora, mentre lo smalto fonde pel calore e forma, alla superficie del vaso, una camicia opaca o trasparente, a seconda delle materie impiegate.

Facendo entrare, nella composizione dello smalto, altri metalli in proporzioni convenienti, si ottengono vernici gialle, rosse, azzurre, che in determinati casi presentano vaghissimo aspetto iridescente simile a quello della madreperla. Sullo smalto così ottenuto, si

eseguiscono poi, con colori metallici — che divengono aderenti al vaso mediante una nuova cottura — i disegni e gli ornati coi quali si intende decorarlo.

In Toscana dapprima, e poscia nelle altre parti d'Italia, sorsero fabbriche di maioliche; tutte le città italiane vollero averne, ne nacque una gara nobilissima che contribuì al perfezionamento della produzione.

Primeggiò, fra le fabbriche toscane, quella istituita da Cosimo de' Medici a Caffagiolo, piccola borgata poco discosta da Firenze, sulla strada che conduce a Bologna. Da questa fabbrica uscirono, con le date del 1507 e 1509, veri capolavori tanto riguardo alle forme quanto alla vaghezza ed armonia delle tinte; sui tondi giganteschi per servizi da tavola non meno che sui vasi, vedi le tinte più calde, il rosso vivo, il giallo, l'azzurro ed il bianco, distribuiti nei fondi, negli arabeschi, nei contorni coll'effetto più sorprendente. Gli stemmi gentilizii spiccano con la massima vivacità; l'oro è ottenuto mediante un giallo splendente come quel metallo; l'argento, imitato con l'ossido di stagno, è riflettente come nella moneta che esce dal conio, il rosso e l'azzurro sono altrettanto vivaci quanto quelli che si ammirano sui vasi della Cina.

Come saggi dei lavori usciti dalla fabbrica di Caffagiolo, possiamo presentarvi il disegno di una coppa a grotteschi appartenente alla raccolta Nieuwerkerke (fig. 105).

Il granduca Francesco Maria de'Medici fondò (1574-1587), anch'esso per amore di gloria, una nuova fabbrica di maioliche nel suo castello di San Marco. Da quella fabbrica uscirono le prime stoviglie translucide che siensi fabbricate in Europa, che precorsero la moderna porcellana.

A detta del Vasari, il merito dell'invenzione spetta a Bernardo Buontalenti; questi servivasi d'una mescolanza di terra caolinica di Vicenza, quarzo ed una fritta vitrea.

I replicati tentativi eseguiti nel castello di San Marco permisero al granduca, fin dal 1581, di offrire in dono i primi vasi translucidi ai sovrani europei.

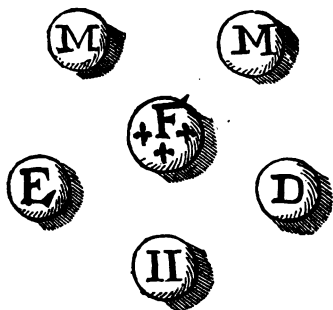
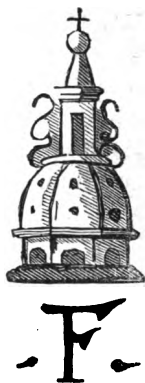



Fig. 107. Fig. 108.

Queste prime porcellane granducali non sono certo perfette, hanno il carattere di primi saggi, ma sono tuttavia vere meraviglie artistiche, tenuto calcolo dell'epoca e degli scarsi mezzi di cui potevasi disporre a quei tempi.

Le stoviglie uscite dai laboratorii di San Marco, pel servizio della corte del granduca, portano per distintivo, sulla faccia posteriore, le sei palle medicee, cinque delle quali son disposte circolarmente, e la sesta, coi gigli di Francia, occupa il mezzo. Sulle stesse son distribuite le iniziali F. M. M. E. D. II.,

che vanno lette: *Franciscus Medici, Magnus Etruriae dux secundus* (Francesco dei Medici, secondo granduca d'Etruria).

Le stoviglie ch'ei donava ai grandi, per diffondere la voce della nuova invenzione, fregiate con ornamenti tolti all'Oriente ed in ispecie alla Persia, portano per distintivo la cupola di Santa Maria del Fiore di Firenze, con l'iniziale di Francesco Maria (fig. 108).

Per tal modo i prodotti di quella fabbrica principesca vestivano un carattere nazionale; facendo intervenire il capolavoro di Brunellesco in una specialità tanto modesta delle arti belle, quel principe faceva correr la mente alla grandezza ed alla civiltà fiorentina, e mostrava in pari tempo come i prodotti dell'ingegno umano si colleghino tutti.

Francesco Maria non fu il solo principe italiano che amasse incoraggiare l'arte ceramica e cercasse riprodurre le tanto pregiate e misteriose porcellane cinesi; vedremo fra non molto come Alfonso I, duca di Ferrara, mirasse anch'esso alla stessa meta.

V.

Le *botteghe* delle Marche e del Principato d'Urbino. — Guidobaldo II, Francesco Xanto. — Le porcellane cinesi ed i principi europei. — Alfonso I ed Alfonso II duchi di Ferrara. Prime porcellane italiane. — Maioliche venete, liguri.

Numerose furono le fabbriche di maiolica nelle Marche; le più stimate furon quelle di Faenza: sembra che l'eccellenza dei prodotti delle fabbriche faentine e la grande esportazione che se ne fece in Francia, ove erano molto ricercate, abbia dato origine al voca-

bolo *faïence,* col quale i Francesi, anco al presente, chiamano le maioliche. Sono pregiate altamente dagli amatori le maioliche col distintivo, *Fatto in Faenza casa Pirotta* (1525-1530), nonchè quelle fabbricate dagli artisti Baldassare Manara e Nicolò da Fano che erasi trasferito in Faenza.

Il curioso monogramma, che qui riproduciamo (figura 109), ricavato dai suoi lavori, contiene l'intiero nome di quell' artista.

Fig. 109.

Sotto Guidobaldo II della Rovere, divenuto duca d' Urbino nel 1538, le fabbriche di Pesaro salirono in gran fama per l'appoggio ch' egli accordava a valentissimi artisti, dai quali faceva eseguire magnifici lavori che poi donava ai sovrani d'Europa. A quei tempi destò grandissima ammirazione il servizio da tavola di cui quel duca fece un presente all' imperatore Carlo V.

Fra gli artisti che gettarono maggior splendore sulle fabbriche del ducato d' Urbino, va ricordato Francesco Xanto Avelli da Rovigo; i suoi primi la-

Fig. 110.

vori datano dal 1530. Ei riprodusse molto felicemente sulla maiolica intieri gruppi tratti da quadri raffaelleschi, conservando loro l' aspetto maestoso dell' originale. Le opere di quest'artista portano talvolta le sue iniziali; tal altra volta anche quelle

della sua città natale e altre ancora il luogo di sua residenza.

Senza discorrere partitamente di molte altre fabbriche di maioliche che fiorirono in Italia nel sedicesimo e diciassettesimo secolo, diremo soltanto che maioliche a dipinti a smalto pregiatissimi uscirono pure dalle *botteghe* di Gualdo, Città di Castello, Deruta, Fabriano, Foligno, Viterbo, Forlì, Rimini, Imola, Ravenna e Bologna. A Ferrara, per l'appoggio del duca d'Este Alfonso I (1505-1534), l'arte ceramica salì a grande splendore; poi fu trascurata da Ercole II (1534-1558); ma rifiorì sotto Alfonso II (1558-1597), che chiamò presso di sè provetti artisti dal ducato d'Urbino, stipendiandoli lautamente.

Le porcellane cinesi incominciavano a quei tempi a diffondersi in Europa, e vi destavano l'ammirazione generale; i mercadanti che le trasportavano non sapevano dare alcuna notizia intorno alla fabbricazione di questi interessanti prodotti dell'arte ceramica. I principi e le persone facoltose d'ogni paese bramavano porcellane, ma il caro prezzo a cui venivano vendute in Europa poneva un freno a questa bramosia. Molti principi, desiderosi di scoprire il segreto della fabbricazione delle porcellane cinesi, diressero verso quella meta le ricerche dei loro alchimisti. Così il tempo era meglio impiegato che a cercare l'oro e il diamante e il *lapis filosoforum.* Anche Alfonso II mirò a quella meta; da alcuni documenti sembra che realmente Camillo Fontana da Urbino fosse riescito a fabbricare in Ferrara delle stoviglie di composizione molto analoga alla porcellana; ma fatalmente non si potè rinvenire fino ad ora nessun vaso di porcellana ferrarese. Vedremo fra non molto come l'al-

chimista Böttcher riuscisse a risolvere finalmente il problema che da tanto tempo teneva in agitazione tutti i suoi colleghi.

Nel Veneto vi furono fabbriche pregiate di maiolica a Venezia, Padova, Bassano e Verona.

In Liguria fiorirono le fabbriche di Genova, Savona ed Albissola.

VI.

La ceramica in Francia. — Vita di Bernardo Palissy. — La ceramica in Inghilterra. — Giosia Wedgwood e le maioliche inglesi.

L'eco del movimento artistico italiano si propagò dapprima in Francia e poi negli altri paesi d'Europa. I Francesi venuti in Italia sotto Carlo VIII, poi sotto Luigi XII e Francesco I, ritornando alle loro case, vi portarono saggi e vive rimembranze dell'arte italiana.

Fra i più assidui cultori della ceramica francese, nel sedicesimo secolo, primeggia un'imponente figura: Bernardo Palissy, che merita d'essere ricordato per l'amore con cui dedicossi al culto dell'arte, per le lotte che dovette sostenere, per le sciagure che lo colpirono e pei trionfi che coronarono infine i perseveranti suoi sforzi.

Nacque a Périgord, intorno al 1510; all'età di trent'anni gli venne in mano fortuitamente una bella coppa di maiolica italiana dipinta a smalto. Se ne invaghì tanto, che, sebbene fosse completamente ignaro dei primi principii dell'arte ceramica, pure si propose di fabbricarne d'eguali. Da allora ei si dedicò completa-

mente alla difficile ricerca dei materiali componenti gli smalti; intraprese una serie di tentativi che per parecchi anni ebbero un solo risultato: l'assoluto impoverimento del tenace Palissy. La difficoltà risiedeva nel trovare le materie coloranti che applicate sulle stoviglie, potessero fondersi pel calore producendovi lo smalto senza che le stoviglie stesse riescissero deformate dall' intenso calore.

Dopo aver profusa ogni sua sostanza, tutta la mobiglia di casa e persino le sue vesti, riescì finalmente ad ottenere mirabili maioliche smaltate, la vendita delle quali ricondusse l'agiatezza nella sua famiglia. Ei morì in prigione nel 1589, nella celebre Bastiglia, ove era stato rinchiuso, perchè essendo protestante non volle abiurare alle sue credenze religiose, che egli aveva arditamente confessate e rese pubbliche in un libro da lui composto sull'arte del vasaio.

Ancor nella prima metà dello scorso secolo l' Inghilterra non aveva neppure una fabbrica di buone maioliche, l'arte ceramica vi era ancor nell'infanzia, tuttavia nel giro di pochi anni quell' industre paese potè vantarsi di possedere stupende maioliche, che furono tenute in gran pregio da tutti gl'intelligenti. Questa trosformazione è interamente dovuta ad un modesto operaio per nome Giosia Wedgwood (1) che, dotato di abilità non comune, d' una perseveranza e d'un'assiduità straordinaria, riescì a fondare nel suo paese quest' utile industria.

(1) Il lettore che bramasse ulteriori particolari intorno alla vita di Palissy e di Wedgwood potrà rinvenirli in un prezioso volume pubblicato in questa raccolta: Smiles, *Chi si aiuta Dio l'aiuta.*

VII.

L'elettore di Sassonia ed il *lapis filosoforum*. — L'alchimista Bötticher, sue vicende, sua prigionia. — Curiosa avventura d'un fabbro ferraio, suo nesso con la cipria per le parrucche e l'invenzione della porcellana. — Diffusione del segreto.

L'elettore di Sassonia e re di Polonia Federico Augusto I, ambiva, come altri principi europei, di possedere il segreto della fabbricazione delle tanto stimate porcellane cinesi, e teneva perciò ai suoi stipendii un Walter di Tschirnhausen che occupavasi esclusivamente della ricerca dell'arduo problema; ma i continui tentativi di costui non davano speranza alcuna di buona riuscita; il monarca disperava ormai di raggiungere la meta tanto sospirata, quando una strana combinazione lo fece entrare in rapporti con un tale che di lì a non molto doveva scoprire fortuitamente la soluzione da tanti e con tanta assiduità cercata invano fino allora.

Un alchimista tedesco per nome Giovanni Federico Bötticher spacciavasi a Berlino qual fortunato scopritore del *lapis filosoforum* e vendeva per pochi denari una sua polvere, mercè la quale i creduloni lusingavansi poter trasformare in oro le sostanze più vili. Appena tal fatto venne all'orecchio di re Federico Guglielmo I, ei volle impossessarsi dell'alchimista e lo fece provvisoriamente imprigionare; ma Bötticher riescì ad evadersi nel 1701 e rifugiossi in Sassonia; il poverino fuggiva Scilla per incontrare Cariddi. Il re di Prussia aveva domandato tosto l'estradizione del fuggiasco. Ma il principe elettore si guardò bene dal-

l'ottemperare al desiderio del re; l'oro piace a tutti, e perciò Federico Augusto pensò di utilizzare le supposte *auree* cognizioni dell'alchimista per avvantaggiarne il tesoro sassone e la sua cassetta particolare. Per evitare il pericolo d'una seconda fuga, l'elettore fece imprigionare, sotto buona scorta, quel mal capitato; la prigionia era dolce, ma era sempre prigionia. Bötticher ben sapeva che per riacquistare la sua libertà avrebbe dovuto rivelare al principe il segreto della pietra filosofale, e perciò rivolgeva tutti i suoi sforzi a questa meta, dilapidava naturalmente grosse somme, messe dal principe a sua disposizione, senza poter riescire a ricavare neppure un grano d'oro. Non valsero nè minaccie nè promesse a strappare all'alchimista un segreto ch'ei non possedeva. Vedendo che le cognizioni di Bötticher non recavano alcun frutto al tesoro principesco, Walter di Tschirnhausen suggerì all'elettore di impiegare più vantaggiosamente le cognizioni dell'alchimista, incaricandolo di utilizzare i prodotti minerali della Sassonia ed in ispecie di far convergere le sue cognizioni all'arduo quesito della fabbricazione della porcellana. Così Bötticher cambiò prigione e fu tradotto nella fortezza di Koenigstein, ove Walter aveva piantato il suo laboratorio ceramico; però i nuovi tentativi dell'alchimista prigioniero non sortivano esito più felice dei primi; scorrevano gli anni e la porcellana era ancora un segreto per tutti.

A quei tempi la moda obbligava a portare la parrucca incipriata; Bötticher ci teneva non poco, e perciò non trascurava mai di farsi applicare dal domestico la bianca polvere sulla parrucca. Il domestico, che per buona sorte era osservatore, si accorse un bel

giorno che un pacchetto di polvere, comperato a quello scopo, era molto più pesante del consueto. E' partecipò tosto questa circostanza al suo padrone, che si diede premura di esaminare quella polvere, di indagarne la provenienza, ed ecco ciò che potè risapere: Un fabbro ferraio, per nome Schnorr, passava a cavallo sul territorio di Aue, in vicinanza dello Schneeberg; la strada era fangosa; il cavallo sdrucciolò e il cavaliero cadde nel fango, non si fece alcun male, ma si inzaccherò tutto dal capo alle piante; senza pensarci altro Schnorr rimontò a cavallo e continuò il suo viaggio. Ma di lì a non molto, il fabbro ferraio si avvide che il fango, disseccandosi, si cangiava in polvere bianca e finissima; « non tutto il male viene per nuocere, disse fra sè quel furbo, ecco una polvere buonissima per dare il bianco alle parrucche e ben più economica della farina di frumento »; e senz' altro pose in vendita la polvere di Aue. Bötticher la analizzò; era caolino purissimo; egli pensò tosto (1707) di fabbricarne delle stoviglie. Detto fatto, dopo poche esperienze Bötticher possedeva il segreto della fabbricazione della porcellana dura.

Non è a dirsi la gioia del principe elettore di Sassonia. Egli colmò Bötticher di ricchezze e di onori e lo insignì del titolo di barone.

L' elettore potè finalmente erigere una fabbrica di porcellane dure, e scelto all' uopo il vecchio castello istorico d' Albertsburg a Meissen, vi fondò solennemente la prima fabbrica europea di porcellane nel giorno 6 giugno 1710.

L'Europa meravigliata vide uscire da quella fabbrica belle imitazioni di porcellane cinesi e lodevolissimi lavori originali. Sì questi come quelle ebbero dap-

prima per distintivo le lettere A ed R intrecciate, iniziali di *Augustus Rex;* poscia due spade incrociate entro ad un triangolo, e da ultimo le due spade soltanto.

Infinite precauzioni si usavano a Meissen per mantenere il più scrupoloso segreto intorno ai metodi di fabbricazione. Una parola d'ordine vincolava solennemente tutti gl'impiegati, dal direttore fino all'ultimo operaio: *mantenere il segreto sino alla morte!* Ogni mese tutti i capi e tutti gli operai rinnovavano questo giuramento, che vedevasi scritto a grandi caratteri sulle pareti interne dello stabilimento.

Un decreto reale condannava a perpetua prigionia, nella fortezza di Koenigstein, chiunque divulgasse un solo segreto della fabbrica.

Ad onta di tante cautele, il segreto venne divulgato, perchè parecchi operai, calcolando di poterlo vendere a caro prezzo, tentarono la fuga, ed essendo riesciti a disertare, passarono in altri Stati tedeschi. Sorsero quindi fabbriche di porcellana: prima a Vienna (1718), poi a Francoforte ed a Brunswick e poscia in altre città d'Europa.

VIII.

LE PORCELLANE ITALIANE.

Il marchese Carlo Ginori fondatore della prima fabbrica di porcellana in Italia. — Progressivi perfezionamenti suggeriti dalla scienza. — Le porcellane di Doccia all'esposizione di Parigi. — Varietà di prodotti e mitezza di prezzo. — Descrizione della fabbrica. — Le porcellane della fabbrica Richard a San Cristoforo presso Milano. — Industriali filantropi decorati della legion d'onore. — Le terre cotte ornate dello stabilimento Boni e Pelitti. — I Lucchesi. — Vasi napoletani.

Ora diremo dell'Italia nostra. Nel 1735 il marchese Carlo Ginori, capo di una di quelle case patrizie della Toscana che, senza tema di abbassarsi, cercavano nuovi elementi di splendore nell'industria o nel commercio, fondava a Doccia, a poche miglia da Firenze, senza alcun appoggio o sussidio governativo, la prima fabbrica italiana di porcellane, quella precisamente che, mano a mano perfezionatasi, rivaleggia ora con le primarie fabbriche d' oltr' alpe.

Dopo molte e dispendiose esperienze, la manifattura del Ginori fu in grado di porre in commercio i suoi primi prodotti.

Da quel tempo in poi la manifattura di Doccia non solo andò sensibilmente migliorando i suoi lavori, sia per la maggior lucentezza delle vernici, sia per la vivacità e ricchezza dei colori adoperati; ma ben presto potè eseguire e porre in commercio, contemporaneamente ai prodotti fini di porcellana, anche molte altre specie di stoviglie inferiori e di maioliche co-

muni, per uso specialmente della classe meno agiata e più numerosa della popolazione.

Fig. 111. Il marchese Carlo Ginori, fondatore della fabbrica di Doccia.

Oggi la fabbrica di Doccia è posseduta e diretta dal marchese Lorenzo, figlio primogenito del marchese Carlo Ginori

L'attual proprietario, ch'è senatore del Regno, non limitandosi a coltivare l'industria da gran signore, studiò profondamente la chimica, visitò egli stesso tutti i grandi centri di fabbricazione, ed introdusse importanti e notevoli perfezionamenti nella sua manifattura.

Il marchese Ginori ha pure voluto far rivivere la bella industria italiana delle maioliche. Due cooperatori distinti, il chimico Giusto Giusti ed il pittore Francesco Giusti, lo assisterono in tale tentativo, i cui primi risultati comparvero alle grandi Esposizioni di Parigi (1855) e di Londra (1862). Allora però non furono esposti che dei saggi, ma in occasione dell'ultima esposizione universale (1867) la fabbrica di Doccia inviò a Parigi una numerosa raccolta di maioliche artistiche, notevoli particolarmente per la vivacità dei colori, e che ricordano benissimo le belle maioliche di Faenza, di Urbino, di Gubbio e di Castel Durante.

Ciò che distingue particolarmente le manifatture di Doccia dalle altre fabbriche, e la rende forse unica nel suo genere, si è lo svariato numero di prodotti che in essa si lavorano. Dalle finissime miniature su lastre di porcellana, di non comuni dimensioni; dalle ben modellate sculture in *biscuit;* dalle maioliche vagamente istoriate e iridate all'uso di maestro Giorgio e del Xanto; dai bassorilievi in porcellana colorati, dalle riproduzioni delle terre invetriate e dipinte all'uso di Luca della Robbia, dalle felici imitazioni delle porcellane della Cina e del Giappone; i prodotti della manifattura di Doccia discendono, attraversando tutte le gradazioni dell'arte, agli oggetti più umili e più economici della fabbricazione del vasellame!

E quasi tutto ciò non bastasse, si lavora a Doccia

ogni sorta di porcellane di altre terre per uso di chimica, di farmacia e di fotografia, si costruiscono fornelli di terra refrattaria portatili per coppellazioni, mattoni per forni fusorii, fornelli economici per cucina, forni da pane, statue, gruppi e vasi in terra cotta, cuscini o sedili per ornamento di giardini, ambrogette o mattonelle variopinte, o di terre colorate, per pavimenti, ed infine avvi nello stabilimento un vasto laboratorio, corredato di pregevolissimi modelli, ove ogni anno si fabbricano a centinaia quelle stufe in terra cotta, che servono a riscaldare gli appartamenti, e nelle quali, alla eleganza esteriore delle forme, si unisce un ben combinato giro interno del fuoco; dal che risulta risparmio di combustibile ed il maggior sviluppo possibile di calore.

Vi si fabbricano inoltre isolatori di porcellana e cilindri da pila per la telegrafia; cartellini per nomenclature di piante per il giardinaggio; cartellini per i nomi delle strade e per la numerazione delle case.

La manifattura di Doccia è distante otto chilometri da Firenze, e quasi un chilometro dalla stazione della strada ferrata a Sesto. Essa è circondata dai vasti possessi della famiglia Ginori, di cui le numerose boscaglie servono ad alimentare in parte il consumo delle fornaci.

In prossimità dello stabilimento esistono i cantieri destinati alla conservazione della legna.

Il locale della fabbrica si compone di alcuni vastissimi edifizii, il principale dei quali, con facciata di elegante architettura toscana, volta a levante.

Il primo luogo da visitarsi nello stabilimento per chi desidera formarsene una adeguata idea, sono i depositi di quelle terre, che lo studio e l'esperienza hanno fatto riconoscere per le più adatte alla formazione delle paste per le porcellane.

Dagli indicati depositi le terre passano alla *laveria*, me-

scolate in quella proporzione che si conviene per ottenere la pasta di porcellana, la quale, dopo di essere così lavata e preparata, vien collocata in appositi locali sotterranei, nei quali è mantenuta al grado di umidità che bisogna, per averla sempre pronta al lavoro.

La lavorazione delle porcellane, terraglie e maioliche si opera dai *formatori* e dai *tornitori*.

Ed è mirabil cosa a vedersi quanta copia di oggetti manifatturati si possa in breve tempo ottenere per la saggia adozione di tutti i migliori metodi che alla giornata si conoscono, e per la pratica tradizionale dei lavoranti.

Prima di passare alle fornaci, i pezzi vengono trattenuti alcun tempo nei magazzini, all'effetto di condurli a quel grado di prosciugamento che è necessario per metterli in stato di subire i successivi processi.

Le fornaci sono nove, senza contare gli 11 piccoli forni o *mufole* esclusivamente destinati alla cottura delle porcellane colorate. Di queste nove fornaci, cinque servono alla cottura delle maioliche e delle stufe, le quali ultime formano una sezione speciale nello stabilimento. Le altre quattro, di forma cilindrica e di grandiose dimensioni, servono alla cottura delle porcellane.

Esaminati i processi della manifattura, le macchine, i forni per la ossidazione dei metalli, e le stanze delle tante e svariate lavorazioni, rimane a vedersi la sala, già accennata, contenente i modelli delle più celebrate antiche e moderne sculture; il laboratorio chimico; e infine la galleria delle porcellane terminate, ove sin dall'origine dello stabilimento tengonsi raccolti i migliori saggi di tutto ciò che nelle diverse epoche è stato successivamente prodotto.

Rivaleggia con la fabbrica del marchese Ginori, quella del signor Giulio Richard fondata in tempi più recenti (1842) fuori di Porta Ticinese a S. Cristoforo, presso Milano.

Fino dai primi anni (dice l'*Italia all'Esposizione universale di Parigi*) lo stabilimento Richard, oltre al produrre una grande quantità di buone porcellane comuni e fini, dorate e colorate, statue ed altri oggetti in *biscuit*, s'occupava pure della fabbricazione di crogiuoli e mattoni refrattari d'ogni forma e dimensione. Negli anni successivi lo stabilimento si ampliò, e nel 1855 si presentò al concorso delle industrie lombarde con una ragguardevole mostra di terraglie all'uso inglese e di porcellane opache, dette *stoni*, bianche e colorate, e n'ebbe dal R. Istituto di Milano la medaglia d'oro in ricompensa. Non ultima ragione per cui fu premiato fu la modicità del prezzo dei suoi prodotti; cosa ch'egli ebbe sempre precipuamente di mira e che ognuno che ami la diffusione dell'agiatezza deve procurare di ottenere con ogni mezzo.

Presentemente la fabbrica Richard vi dà un'idea della storia della Ceramica e nel tempo stesso delle arti e delle scienze che aiutarono e promossero i suoi progressi. Non v'ha scienza, non v'ha arte che non v'abbia contribuito. Dai mattoni, dai tegoli, dalle argille refrattarie od idrate, e quindi dai crogiuoli; dalle terre con coperta vitrea, e perciò dagli isolatori telegrafici; dalle pentole e dai vasi di terra inverniciata, fino alle più belle terraglie così dette inglesi; dalle porcellane opache alle translucide e a tutti quegli oggetti che la ricchezza ed il lusso domandano all'arti belle: la fabbrica Richard vi dà, e dà a buon patto. E saviamente operò quando, lasciata ad altri la cura difficile e sempre bella di riprodurre le opere dei nostri antichi, volle fare di nuovo.

Tanto il Ginori quanto il Richard ottennero medaglie, il primo d'argento ed il secondo di bronzo all'Esposizione di Parigi del 1867, ed entrambi furono in pari tempo nominati cavalieri della Legion d'onore, non tanto per la bontà dei loro prodotti ceramici, quanto per gli sforzi continui che questi due benemeriti industriali dedicano al miglioramento della condizione economica e morale dei loro operai.

Dobbiamo ora aggiungere che l'arte ceramica, oltre ai mattoni ed alle tegole, oltre alle stoviglie d'ogni genere, fornisce le terre cotte ornate a bassi rilievi che con tanto vantaggio servono all'architetto per averne caminiere, stipiti di porte e finestre, fregi, statue ed altri oggetti di decorazione. Anco in questo genere di lavori si ritornò fra noi a quel grado di perfezione che aveano raggiunto in antico. È il signor Andrea De Boni di Milano che fece rivivere la fabbricazione delle terre cotte ad imitazione delle opere che si ammirano sulla facciata del nostro Ospital Maggiore e in S. Maria Maggiore, nonchè in molti dei magnifici edifizii di Venezia. Incoraggiato dai premi dell'Istituto lombardo, dalle commissioni dei ricchi, dai consigli degli intelligenti, il signor De Boni potè in pochi anni convertire in vera impresa industriale ciò che a tutta prima era un semplice tentativo d'artista. Ora la sua fabbrica produce in gran numero i più svariati ed eleganti lavori, che si ammirano in tutte le parti d'Italia.

Vi sono altre fabbriche di terra cotta nelle provincie italiane; non è qui il caso di numerarle tutte, ma non sarebbe giusto dimenticare quei bravi Lucchesi che esercitano con tanta semplicità l'arte della nostra plastica. Essi, in numero di più di 2000, fabbricano, e poi portano in persona di città in città, di villaggio in villaggio, e per così dire, di casa in casa, i prodotti della loro industria, che consiste nella riproduzione in gesso o in argilla dei capolavori della scultura antica e moderna.

L'arte del vasaio è pur comunissima nelle province napoletane. Là si fabbricano vasi eleganti con le terre del Vesuvio; maioliche che possono gareggiare con

le porcellane dipinte e colorate; gli abitanti si studiano di imitare e riprodurre gli antichi lavori etruschi. I viaggiatori stranieri si invaghiscono molto di questi differenti articoli a fondo nero o a fondo rosso striato di nero. E' son fabbricati con una specie di argilla che, per qualità, colore, e leggerezza, sembra esser quella di cui si servivano gli Etruschi, i Greci e i Romani, e di cui furono trovati ultimamente degli strati negli Abruzzi.

Chiuderemo questo lungo scritto sull'arte ceramica descrivendo brevemente la fabbricazione delle porcellane.

A tale scopo si impiega, come abbiam già detto, il caolino che è una sostanza bianca, dolce al tatto, alla quale si mescolano in piccole proporzioni quarzo, calce e gesso.

Si riscaldano anzitutto queste materie al calor rosso per poi gettarle nell'acqua fredda; quindi per mezzo di macine si riducono in fina polvere; la polvere vien bagnata per ottenerne una pasta, che viene poi rimescolata da un operaio, camminandovi sopra a piedi nudi. Indi si depone la pasta in cantine umide, pel corso d'un anno circa, per farla macerare, vale a dire perchè le sostanze organiche ch'essa può contenere marciscano in seguito a fermentazione; si rimescola quindi la pasta con le mani, e se ne formano delle pallottole che vengono gettate con forza sulla tavola da lavoro onde farne sprigionare delle bolle di gas che possono contenere dopo la macerazione. Si dà ai vasi la prima forma mediante la ruota del vasaio, di cui abbiam parlato più sopra; poi il vaso è lasciato a seccare naturalmente per alcune ore; indi lo si lavora con ogni cura al tornio modificandone e migliorandone la forma.

Non sempre si adopera la ruota nella fabbricazione dei vasi di porcellana; molti di questi si fabbricano mediante lo stampo, e in tal caso si applica la pasta sopra una forma vuota fatta ordinariamente di gesso. I vasi rotondi si fabbricano con due stampi fatti di due parti eguali esattamente sovrapponibili; si ottiene mezzo il vaso con ciascheduna parte, e mentre la pasta è ancor fresca si avvicinano le due metà e si fanno combaciare per formare un tutto.

Altre volte, a causa della forma speciale del pezzo che vuolsi ottenere, come tubi, storte ed altri recipienti cavi, si *getta* la porcellana; versando nello stampo, formato di terre porose, una pasta semi-fluida di porcellana. I pori dello stampo assorbono molt'acqua, e perciò un primo strato di pasta aderisce fortemente alla faccia interna dello stampo. Si lascia andare tutta l'acqua e si riempie nuovamente lo stampo: per tal guisa si deposita sovr' esso un secondo strato di pasta; e così si continua fino a che siasi ottenuto il vaso colla voluta grossezza.

I vasi di porcellana fabbricati in questa guisa vengono sottoposti ad una prima cottura nella parte superiore del forno da porcellana, dopo la quale indurano bensì, ma rimangono molto porosi e sono quindi inetti alla maggior parte degli usi cui possono essere destinati; si ripara a tale inconveniente con la verniciatura, che nel tempo stesso dà alla porcellana quella lucentezza e quella levigatura che tanto piacciono all' occhio. A formare questa vernice si adopera il feldspato, roccia naturale che presenta molta analogia di composizione col caolino. Il feldspato fonde a temperatura più bassa di quella che produrrebbe la deformazione dei vasi.

Nelle grandi fabbriche si cuoce la porcellana in forni a tre piani (fig. 112). Nel superiore si collocano i vasi che devono subire la prima cottura, gli altri due servono per la cottura definitiva. Ogni piano è riscal-

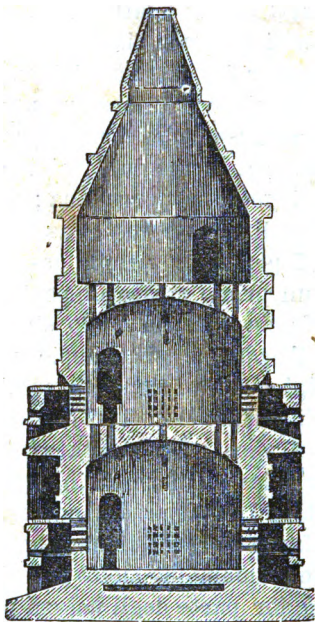



Fig. 112. Sezione d'un forno da porcellana, a tre piani.

dato da quattro fornelli esterni, ed apposite aperture praticate sui fianchi del forno permettono alle fiamme di penetrarvi.

Quando tutti i vasi sono collocati nel forno, se ne murano le porte con mattoni refrattarii e si accende

il fuoco. Per compiere la cottura si richiedono circa trentasei ore.

Quando si voglia decorare, cioè coprire con pitture o dorature i vasi di porcellana, si applica col pennello, sui vasi già cotti e verniciati, l'oro in polvere o le sostanze minerali di vario colore, che sono necessarie ad effettuare il voluto disegno. Si mescola a tali sostanze un *fondente*, ossia una sostanza che serve ad

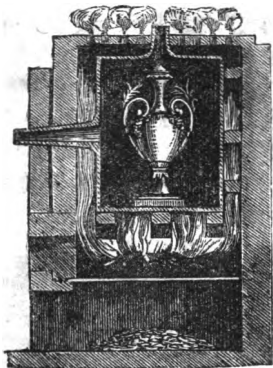



Fig. 113. Decorazione di un vaso di porcellana.

agevolare la fusione di quei minerali, sostanza che di solito è il borace, e poscia si portano al forno i vasi così decorati. Il borace fonde per effetto del calore, e con la sua fusione determina l'aderenza delle materie minerali colorate con la vernice di cui è coperta la porcellana. Questi colori, purchè sieno applicati con le debite cure, sono pochissimo alterabili e resistono alle ripetute lavature come pure all'azione chimica dei liquori alcalini od acidi.

Ma questo metodo di decorazione richiedendo molte

cure e fatiche riesce lungo e dispendioso, e perciò non lo si adopera che pei vasellami più ricchi. I disegni che vedonsi sulle stoviglie ordinarie si ottengono a stampa. Onde praticare quest'operazione, si incide anzitutto sul rame il disegno che vuolsi poi avere sulla porcellana; si applica sul rame la sostanza colorante e se ne ricava l'impronta sulla carta come per le incisioni ordinarie; subito dopo si applica quella carta sulle pareti del vaso che vuolsi ornare e la si comprime con un pezzo di flanella. La sostanza colorante aderisce tosto, ed in parte viene assorbita dalla terra cotta, e vi lascia il disegno bello e stampato. Levata la carta e lavato il vaso, si distende sul disegno una vernice vitrea che dopo la sua condensazione lo lascia apparire perfettamente sulla superficie dell'oggetto.

GLI STRUMENTI D'OTTICA (1).

I.

La lente e gli strumenti ottici. — La luce ed il senso della vista. — Corpi luminosi e corpi oscuri. — Emissione od ondulazione? — Newton e Huygens. — Velocità della luce; prime esperienze per determinarla ideate da Galileo e dagli accademici del Cimento; metodo astronomico di Roemer. — Il moto ondulatorio. — Raggio e fascio di luce. — Il prisma e lo spettro solare. — Decomposizione e ricomposizione della luce. — Il bianco.

Abbiam già avuta occasione di accennarvi, parlando del vetro, gli immensi benefici ch'esso arreca all'umanità, quando, foggiato in forma di *lenti* di varie specie e dimensioni, studiosamente disposte, è adoperato nella costruzione degli strumenti d'ottica: dall'occhiale che rinforza le viste deboli, al telescopio ed al microscopio che ci rivelano gl'infinitamente grandi e gl'infinitamente piccoli della Natura. Ora è nostra intenzione discorrervi dei più importanti strumenti d'ottica, ma a tale scopo è anzitutto necessario che, almeno sommariamente, vi facciamo conoscere alcune definizioni ed alcune leggi fondamentali dell'*ottica*, che

(1) Nella compilazione di questi capitoli abbiamo attinto largamente dagli eccellenti compendii di fisica del Zambra e dell'Ambrosoli, nonchè dalle *Merveilles de l'Optique* di Marion.

è quel ramo della fisica che si occupa dello studio dei fenomeni presentati dalla *luce*.

Noi vediamo gli oggetti a distanza, dunque bisogna ammettere che fra l'occhio e gli oggetti c'è qualche cosa, per via della quale si compie la visione; questa cosa che tiene in comunicazione il mondo esterno con l'organo della vista si chiama *luce*.

Per quanti godono del senso della vista, la luce è una fonte inesauribile di godimenti, è un magico legame che ci pone in rapporto con tutto l'universo visibile, che vince ogni distanza, che varca ogni abisso. La luce ci fa apprezzare la bellezza delle gradazioni delle tinte, la varietà delle forme. L'influenza della luce si estende su tutto il nostro organismo: nei giorni piovosi o nebbiosi siam mesti e melanconici; quando il cielo è sereno ed un bel sole risplende sull'orizzonte, siamo ilari e gai.

Alcuni corpi, come il sole, le stelle fisse, una bragia, il ferro rovente, ecc., splendono di luce propria, sono visibili per sè medesimi, e perciò diconsi *luminosi;* altri corpi, all'incontro, che diconsi *oscuri*, non riescono visibili se non quando sono illuminati da qualche corpo luminoso. Appartengono alla seconda categoria la maggior parte dei corpi che non possiamo scorgere se non quando sono illuminati dal sole o da qualche sorgente artificiale di luce. Anche la luna ed i pianeti sono corpi oscuri, noi li vediamo per virtù del sole che li illumina.

Per molti secoli si credette che i corpi luminosi emettessero, in tutte le direzioni, delle minutissime particelle d'una sostanza tenuissima, impalpabile ed imponderabile, che attraversando tutti i corpi giungerebbe fino al nostro occhio a produrvi il senso della

visione. L'illustre Newton (1) e molti altri scienziati dopo di lui sostennero quest' ipotesi detta dell'*emis-*

Fig. 114. Newton.

sione; ora essa è generalmente abbandonata, ed i fe-

(1) Isacco Newton nacque a Woolstrop nel Lincolnshire, in Inghilterra, il 25 dicembre 1642, lo stesso anno in cui morì Galileo. Seguendo le nobili orme di questo grande, Newton schiuse nuove vie nei campi della scienza, studiò le leggi

nomeni luminosi ricevono soddisfacente spiegazione coll'ipotesi delle *ondulazioni* proposta intorno al 1660 da Huygens (1). Nell'ipotesi delle ondulazioni, si considera ogni corpo luminoso come centro d'un rapidissimo movimento vibratorio, che si trasmette fino all'organo della vista percorrendo un fluido elastico, od *etere*, sparso ovunque nell'universo: nel vuoto, nell'aria, nei corpi trasparenti.

Per renderci conto di queste vibrazioni, esaminiamo ciò che succede gettando una pietra nell'acqua tranquilla; allora si scorge tosto, intorno al punto in cui è caduta la pietra, una serie di ondulazioni circolari che, partendo da quel centro, si allontanano gradatamente acquistando maggior ampiezza. Lo stesso fenomeno succede nell'aria, quando si ode un suono. All'ingiro del punto in cui scoppiò il suono si forma una serie di ondulazioni che propagansi tutt'intorno sfericamente, e, facendo vibrare l'aria, portano il suono a distanza. Mentre le vibrazioni prodotte dal suono si propagano, nell'aria tranquilla, con la velocità di circa 333 metri al minuto secondo, le vibrazioni prodotte dai corpi luminosi si comunicano tutt'intorno con istraordinaria rapidità. Gli antichi cre-

eterne che presiedono all'organizzazione dell'universo e spiegò i meravigliosi fenomeni che ne derivano. Il calcolo sublime, il principio della gravitazione universale, la composizione della luce solare ed i fenomeni degli anelli colorati, sono le principali scoperte che resero immortale questo sommo ingegno che terminò la sua luminosa carriera il 20 marzo 1727.

(1) Huygens Cristiano nacque all'Aja il 14 aprile 1629, e rese illustre il suo nome con una lunga serie di invenzioni e scoperte nella fisica, nell'astronomia e nella meccanica. Morì in patria l'8 luglio 1695.

devano che la trasmissione della luce fosse istantanea e per conseguenza dotata di velocità infinita; il primo a dubitarne fu Galileo, che in pari tempo tentò di determinare questa velocità. Nel primo *dialogo delle scienze nuove,* ei fa enunciare da Salviati — uno dei suoi tre interlocutori — l'ingegnosissima esperienza da esso imaginata, che sembravagli bastante a risolvere il quesito. Due osservatori stavano a circa un miglio (un miglio corrisponde a 1851 metri) di distanza l'uno dall'altro; ciascuno di essi aveva presso a sè un lume acceso. In un istante qualunque uno dei due osservatori spegneva il suo lume, l'altro osservatore poneva uno schermo dinanzi all'altro lume non appena vedeva scomparire il primo. Ma siccome il primo osservatore vedeva scomparire il secondo lume nel medesimo istante in cui spegneva il suo, così Galileo ne concluse che la luce si trasmette in un istante indivisibile a distanza doppia di quella che separava i due osservatori. Analoghe esperienze istituite dagli Accademici del Cimento, prendendo distanze triple, condussero allo stesso risultato. Soltanto dopo l'invenzione del telescopio riescì all'astronomo danese Roemer (1) di determinare (1675) molto ingegnosamente la straordinaria velocità della luce che risultò di ben trecento mila chilometri al minuto secondo (2).

(1) Vedi la nota a pag. 111.

(2) Galileo, osservando il movimento dei satelliti di Giove — da lui scoperti nel 1610 — riconobbe che vengono periodicamente ecclissati nelle loro rivoluzioni intorno a quel pianeta; ciò infatti deve avvenire ogni qual volta Giove trovasi fra uno dei satelliti ed il sole e quando questi tre astri, cioè il sole, Giove ed il satellite, hanno il loro centro sopra una

Ad onta di questa portentosa velocità della luce, sonvi stelle talmente distanti dalla nostra Terra, che la luce impiega migliaia e migliaia d'anni per giungere da quei lontanissimi mondi fino a noi. Perciò quando alziamo gli occhi al firmamento e vediamo miriadi di stelle, non vediamo la vôlta celeste nel suo stato attuale, ma bensì quale essa era migliaia d'anni or sono, quando partivano da astri remotis-

stessa linea retta ideale. Osservando poi attentamente l'intervallo di tempo che trascorre fra due ecclissi successivi, e paragonando fra loro i risultati di numerose osservazioni, Roemer riconobbe che quell'intervallo non è sempre lo stesso, ma varia gradatamente da 42 ore e 29 minuti fino a 42 ore 45' 26", 4, ei notò poi che al periodo più lungo corrisponde la massima distanza fra Giove e la Terra, mentre al periodo più corto corrisponde la minima distanza fra questi due pianeti. Roemer concluse da ciò che la differenza di 16' 26", 4 deve essere attribuita alla maggior strada che, nel primo caso, dev'essere percorsa dalla luce, riflessa dal satellite di Giove, nell'istante in cui cessa l'ecclisse, per giungere fino alla Terra. In altri termini l'intervallo più corto fra due ecclissi successivi si verifica quando la Terra occupa quel punto della sua orbita che è più vicino al pianeta Giove; mentre l'intervallo più lungo si osserva quando la Terra occupa quel punto della sua orbita che è diametralmente opposto al precedente; perciò in tal caso la luce percorre in più tutto un diametro dell'orbita terrestre. Sapendosi adunque che il raggio medio dell'orbita della Terra è di 24047,1 diametri equatoriali terrestri da 6377481 metri ciascuno, ed essendo 16' 26", 4 ovvero 986", 4 il tempo impiegato dalla luce nel percorrere l'asse maggiore dell'orbita terrestre, si ottenne la velocità di propagazione della luce dal computo

$$\frac{2 \times 24047{,}1 \times 6377481}{986{,}4} = 310.998.000 \text{ metri per minuto secondo.}$$

simi i raggi di luce che ora colpiscono la nostra vista.

È bene osservare che in qualsiasi sistema di ondulazioni o vibrazioni propagantisi entro a sostanza qualsiasi, il loro movimento è soltanto di forma e non di materia. Le onde che si propagano intorno ad un centro, allorchè gettiamo una pietra nell'acqua tranquilla, si presentano all'occhio, come se l'acqua componente le onde si muovesse realmente, allontanandosi dal centro delle ondulazioni. Ma realmente ciò non avviene: nessuna particella liquida è animata di movimento progressivo. Vi sarà facilissimo il convincervene. Collocate sulla superficie di quell'acqua un corpo galleggiante, e vedrete che le onde lo agitano bensì, ma non lo fanno avanzare d'un palmo. Agitando un nastro, vedrete del pari manifestarsi un moto ondulatorio e vi sembrerà che ogni punto del nastro si allontani dal punto in cui hanno principio le ondulazioni, ma, con un po' d'attenzione, sarete persuasi che quest'allontanamento è apparente e non reale.

Ad evitare false interpretazioni, dobbiamo avvertire che per sola facilità e chiarezza di linguaggio, diremo che la luce *traversa* i corpi trasparenti, è *arrestata* dai corpi opachi, e così via, come se effettivamente la luce fosse cosa materiale, secondo che la ritenevano i seguaci dell'ipotesi dell'emissione; ma, ripetiamo una volta per tutte, la luce non è sostanza materiale, è una vibrazione che, con immensa rapidità, si propaga a onde nell'etere.

Quando la luce si propaga, attraversando corpi omogenei, per esempio l'aria d'uniforme densità, l'acqua, ecc., essa segue la direzione rettilinea. Ne volete

una prova evidente? Tra il vostro occhio ed un oggetto visibile ponete un corpo opaco, in modo che questo interrompa tutte le linee rette che si possono imaginare condotte dall' occhio ad un punto qualunque del corpo visibile: ebbene, questo corpo non si vede più. La luce solare, che entra in una camera oscura per un piccolo foro, tiene un cammino diritto che è segnato all'occhio dai pulviscoli nuotanti nell'aria, i quali veggonsi illuminati nel mentre attraversano la via della luce.

Un filo di luce che si imagini ridotto al minimo di sottigliezza, dicesi *raggio di luce*. Un complesso di più raggi vicini, si chiama *fascio di luce*. In un fascio di luce che abbia origine da un punto luminoso, i raggi sono divergenti; ma se il punto luminoso è lontanissimo, i raggi si considerano come paralleli.

La bianca luce che il sole spande sulla natura, è la sorgente di tutti i colori brillanti od oscuri che vèdiamo nei corpi. Newton fu il primo a scoprire questa verità, valendosi d' un mezzo semplicissimo. Egli eseguì un' esperienza che tutti possono ripetere con un *prisma* triangolare di vetro. Si dà tal nome ad un pezzo di vetro (fig. 115) racchiuso da due facce triangolari eguali e parallele, e da tre facce parallelogrammiche ben levigate. Per comodità dell'osservàtore, si suol montare il prisma sopra una guarnitura di metallo, sostenuta da un piede entro al quale essa scorre a dolce sfregamento, in modo che il prisma può essere alzato od abbassato a piacere, e le sue facce parallelogrammiche possono inoltre ricevere qualunque inclinazione, girando opportunamente il bottone che vedete a sinistra (fig. 115).

Portiamoci ora, col pensiero, in una stanza perfettamente oscura, con le imposte ben chiuse, ed imaginiamo che in una di queste, esposta ai raggi solari, sia praticato un piccolo forellino; per esso entrerà nella stanza un fascetto di raggi solari che andrebbe

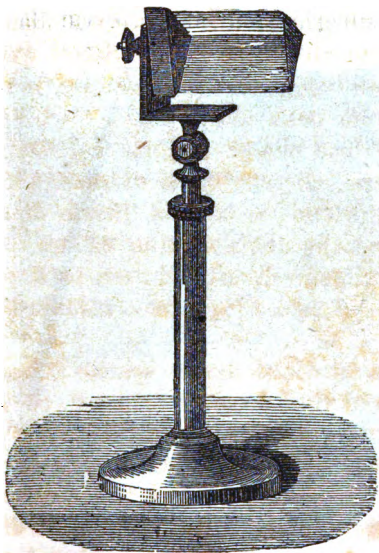



Fig. 115. Prisma montato.

a colpire il pavimento della stanza, per esempio nel punto S (fig. 116), formandovi un'imagine rotonda e bianca. Collochiamo ora il nostro prisma nel modo indicato dalla figura, in guisa che sia colpito di fianco dai raggi solari entrati nella stanza attraverso al forellino; questi raggi si *rifrangeranno*, ovvero, devieranno dalla direzione primitiva ed in luogo della

piccola imagine circolare, che avevano prima sul suolo, vedremo sulla muraglia — o meglio ancora sopra un lenzuolo od altra superficie bianca, tesa verticalmente ad otto o dieci passi dal prisma — vedremo, dico, una splendida apparizione; una lista luminosa, terminata lateralmente da linee rette ed arrotondata alle due estremità, superiore ed inferiore. Quella lista lumi-

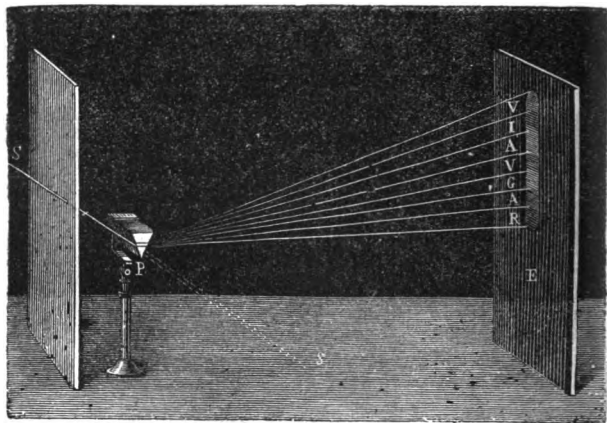



Fig. 116. Spettro solare.

nosa riprodurrà, con le tinte più vivaci e con le gradazioni più insensibili, i bei colori dell'arco baleno. A questa lista colorata si è dato il nome di *spettro solare;* in esso si ravvisano sette tipi o colori principali: rosso, aranciato, giallo, verde, azzurro, indaco e violetto; diciamo colori principali, perchè fra l'uno e l'altro non c'è una esatta linea di demarcazione, ma si passa insensibilmente dal rosso al ranciato, da questo al giallo, e così di seguito per gradazioni così

sfumanti, che non è assolutamente possibile dire dove finisca un colore ed incominci il seguente.

La luce solare, così scomposta nei suoi varii colori, può essere nuovamente ricostituita in più modi; prendendo ad esempio uno specchio concavo (fig. 117) e collocandolo in faccia ai raggi colorati che partono dal prisma; quello specchio, come potremo spiegarvi fra non molto, riunisce in un punto solo tutti i raggi colorati; e se nel punto di incontro collochiamo uno schermo di cartone, vedremo riprodursi sovr'esso quel

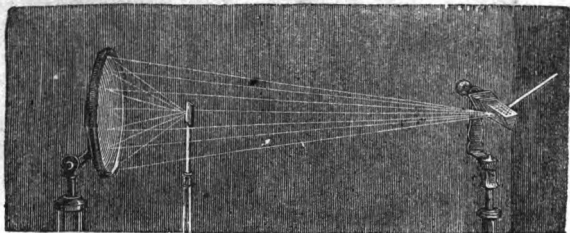



Fig. 117. Ricomposizione della luce bianca mediante uno specchio concavo.

cerchietto bianco che avevamo già osservato sul pavimento.

Analogo risultato si otterrebbe per altra via, suggerita pure da Newton.

Prendasi un disco di cartone del diametro di circa 3 decimetri, con un piccolo foro al centro e due zone circolari dipinte in nero, l'una presso il centro, l'altra presso il contorno. Sulla parte anulare, tra le due zone, si applichino molte listerelle di carta colorata, disposte dal centro alla periferia del disco; la prima listerella sia rossa, come il rosso dello spettro solare, la seconda aranciata, la terza gialla, e così via,

coll'ordine dei colori prismatici, ricominciando quante volte occorre per coprire tutta la parte anulare, e facendo in modo che tutte le serie sieno compiute, e che in ciascuna serie le larghezze delle diverse listerelle sieno, presso a poco, porporzionali agli spazii che i diversi colori prendono sulla lunghezza dello

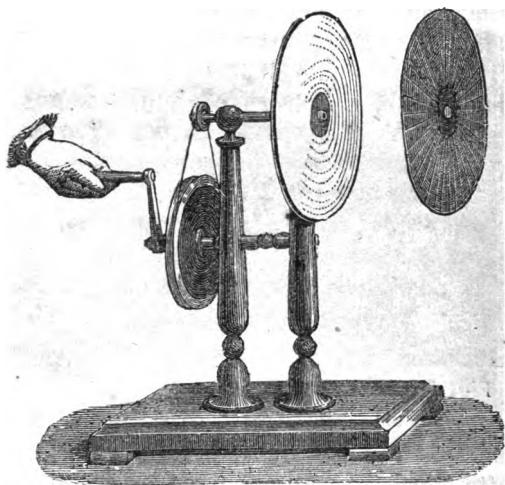



Fig. 118. Ricomposizione della luce bianca mediante il disco di Newton.

spettro solare. Così preparato il disco, lo si faccia rapidamente girare attorno al suo centro (fig. 118), allora l'occhio non iscorgerà più nessuno dei sette colori, e in quella vece vedrà il cerchio tutto bianco. Questa ricomposizione non è del tutto paragonabile alla precedente, perchè qui, come ben si comprende, i singoli colori non si fondono realmente in uno solo. A disco immobile, i colori scorgonsi nettamente di bel

nuovo; è nel nostro occhio invece che si confondono le singole impressioni in esso prodotte successivamente ed a breve intervallo dai singoli colori.

Ciò dipende dal fatto che, ogni impressione ricevuta dal nostro occhio, dura breve tempo anche dopo cessata la causa. Se il disco contenesse una sola listerella rossa su fondo nero, si vedrebbe un cerchio rosso, purchè la rapidità del moto del disco fosse tale da far ritornare quella listerella rossa nella posizione primitiva, mentre dura ancora nell'occhio la prima impressione da essa prodotta. Se non vi fosse che una listerella aranciata, si vedrebbe un cerchio aranciato, e così via; ma essendovi insieme le liste di tutti i colori prismatici, si vedono insieme, nel medesimo spazio, un cerchio rosso, uno aranciato, uno giallo, ecc., e la percezione simultanea di tutte queste tinte è per noi la percezione del bianco.

II.

Riflessione della luce sugli specchi piani. — Angoli di incidenza e di riflessione. — Dove l'occhio vede gli oggetti. — Rifrazione della luce. — Il remo spezzato. — Imagini reali e imagini virtuali. — Specchi concavi e specchi convessi. — Centro, fuoco ed asse d'uno specchio. — Gli specchi ustorii.

Quando un raggio di luce cade obliquamente sopra una superficie opaca e ben levigata, come è ad esempio quella d'uno specchio, il raggio di luce vien respinto precisamente come una palla elastica, in determinata direzione, che dipende da quella con cui venne a cadere sulla superficie levigata, che in tal caso dicesi *superficie riflettente.*

Entrambe queste direzioni trovansi nello stesso piano perpendicolare a quella superficie, il che si esprime con queste due leggi:

1.° Gli angoli di incidenza e di riflessione sono eguali.

2.° La riflessione succede sempre in tal direzione, che il raggio incidente ed il raggio rifratto trovansi in un piano perpendicolare alla superficie riflettente.

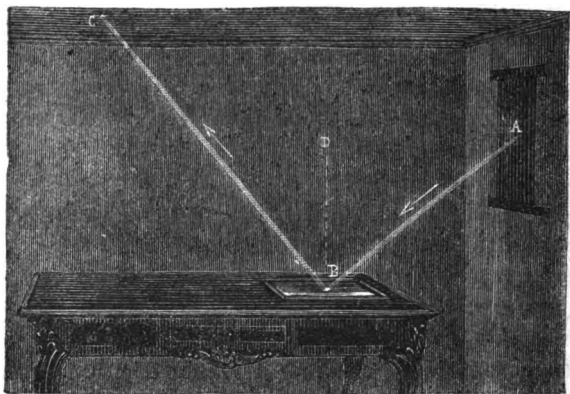



Fig. 119. Dimostrazione sperimentale delle leggi della riflessione della luce sugli specchi piani.

L'unita fig. 119 rappresenta la dimostrazione sperimentale di queste due leggi.

In una stanza perfettamente oscura, è praticato, in un'imposta, un forellino A; per esso entra un fascetto di raggi luminosi AB, che cadono obliquamente sopra uno specchio orizzontale, il quale riflette quei raggi luminosi nella direzione BC; rispetto allo specchio, la linea BC presenta eguale obliquità della BA. Per convincersene, basta collocare un cerchio gra-

duato verticale nel piano ABC, e tosto si riconosce che l'angolo ABD, formato dal raggio AB (che dicesi *raggio incidente*) con la perpendicolare BD (detta *normale di incidenza*) è eguale all' angolo formato da questa normale, col raggio riflesso BC. E del pari si può riconoscere che le tre linee AB, BD, BC, trovansi in un solo piano verticale.

Per esaminare ciò che avviene nella riflessione dell'imagine dei corpi sugli specchi, ci conviene farvi presente un fatto degno di attenzione, che si manifesta tutti i giorni ai nostri occhi, ed al quale taluni non avranno mai fatta attenzione. Vedendo un

Fig. 120. Dove l'occhio vede gli oggetti.

oggetto, si crede generalmente che esso si trovi precisamente dove lo vediamo, eppure assai sovente succede l'opposto: quando un raggio di luce che parte da un oggetto, devia dalla linea retta per riflessione, per rifrazione o per altra causa, noi non vediamo più quell'oggetto nella sua vera posizione, bensì lungo la direzione che ha il raggio di luce, quando giunge al nostro occhio. Se per esempio il raggio AB (fig. 120), in luogo di proseguire in linea retta, si frange in B per assumere la direzione BC, allora l'occhio d'un osservatore posto in C, non vedrà il punto A nella sua vera posizione, bensì in A' sul prolungamento della direzione CB. Codesto fenomeno si verifica inevitabilmente ogni qualvolta un raggio di luce passa da un mezzo (ossia da un ambiente) in un altro di

densità diversa. A questo fenomeno, che dicesi *rifrazione dei raggi di luce*, è dovuta la deviazione che subisce il raggio di luce nel prisma, come abbiamo detto più sopra. Quel raggio di luce si rifrange due volte, la prima passando dall'aria nel vetro, la seconda passando dal vetro nell'aria.

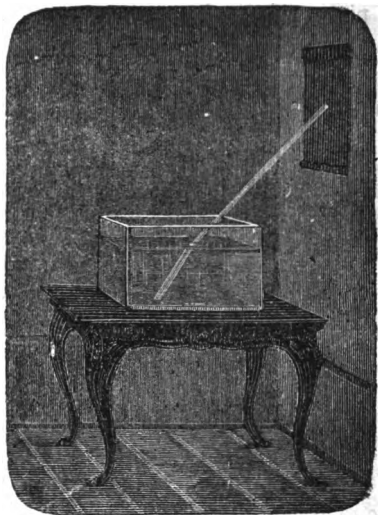



Fig. 121. Dimostrazione sperimentale della rifrazione della luce.

Si può riconoscere sperimentalmente la rifrazione della luce, facendo entrare un fascetto di raggi in una stanza perfettamente oscura e collocando un recipiente di vetro, pieno d'acqua, sulla via di quei raggi di luce; questi si rifrangeranno, come vedesi nella fig. 121, nel punto in cui passano dall'aria nell'acqua.

Per la rifrazione, un remo parzialmente immerso

nell'acqua, sembra spezzato, un vaso pare assai meno profondo quando è pieno d'acqua che quando non ne contiene, poichè il fondo sembra rialzato. I nuotatori ben sanno che bisogna stare in guardia contro questa illusione, poichè l'acqua ha sovente parecchie braccia di profondità, dove un malpratico crederebbe poter toccar fondo col piede.

Come abbiamo già avuta occasione di accennare nei precedenti capitoli, l'atmosfera che circonda la nostra Terra, ha densità ognor minore quanta maggiore è la distanza dalla superficie della Terra allo strato d'aria che si considera. Per tal motivo i raggi di luce che giungono alla nostra Terra dal sole, dalla luna o dalle stelle, incontrano successivamente degli strati d'aria sempre più densi e perciò non vengono a noi in linea retta, ma seguendo una linea spezzata, che volge alla Terra la sua concavità.

Da ciò si comprende che quando vediamo levare il sole, la luna od una stella, questi astri non sono realmente ancor comparsi sull'orizzonte.

Premesse queste nozioni, passiamo ad esaminare il fenomeno della riflessione dapprima negli *specchi piani*, che sono i più comuni nella vita domestica, e poscia negli specchi curvi.

Poniamoci in faccia ad uno specchio piano. Ogni punto visibile delle vesti o della persona, invia raggi di luce sulla superficie dello specchio; questi raggi incontrando l'amalgama riflettente, applicato sulla faccia posteriore del vetro, vengono riflessi, formano cioè sopra quella superficie, un angolo di riflessione, eguale all'angolo di incidenza. L'imagine che vediamo è costituita dal complesso di tutti questi raggi riflessi che giungono all'occhio. Ricevendo nell'occhio il rag-

gio riflesso dallo specchio, ci accorgiamo che questo raggio vi arriva con una certa direzione; di tutti i giri che quel raggio può aver fatti prima di pigliare questa direzione finale, non ne sappiamo nulla; e per-

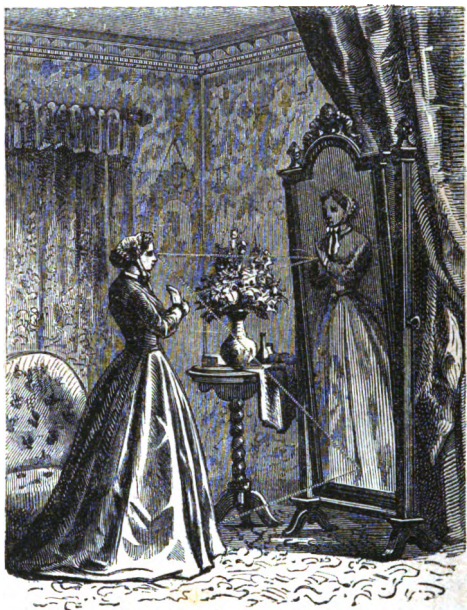



Fig. 122. Imagine virtuale riflessa da uno specchio piano.

ciò ogni punto che ha mandato un raggio di luce allo specchio, sarà da noi veduto lungo la direzione del raggio riflesso. Così, ad esempio, il raggio di luce che parte dal piede sinistro della gentile damina che vedesi nella figura 122, va a riflettersi nel punto dello specchio in cui batte il raggio incidente e da cui parte

il raggio riflesso che giunge all'occhio. L'occhio vede il piede lungo la direzione del raggio riflesso, e lo vede al di là dello specchio a tanta distanza quanta ce n'è dal piede allo specchio.

Per indicare che le imagini formate dagli specchi piani non esistono realmente, ma sono un'illusione del nostro occhio, si suol chiamarle *virtuali* per distinguerle dalle imagini *reali*, di cui parleremo fra breve discorrendo degli specchi curvi.

Mentre non vi può essere che una sola specie di

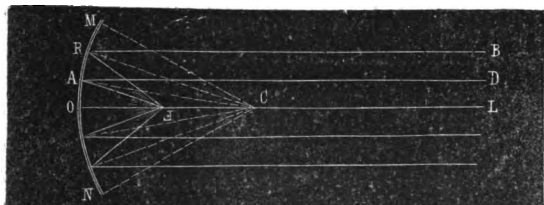



Fig. 123. Riflessione della luce in uno specchio concavo.

specchi piani, possono esservi infinite specie di specchi curvi, essendo infinito il numero delle svariatissime superficie curve che si possono concepire. Noi ci limiteremo a parlare degli specchi aventi la curvatura d'una sfera e che perciò appunto si dicono specchi sferici. Questi possono essere *concavi* o *convessi*; ad esempio, un vetro rigonfio da orologio, rivestito internamente coll'amalgama, e veduto esternamente, è uno specchio convesso: lo stesso vetro con la superficie esterna rivestita d'amalgama, e veduto internamente, è uno specchio concavo. Incominceremo da questi ultimi.

Imaginiamo che l'arco MN (fig. 123) rappresenti in sezione una porzione di superficie sferica rivestita

esternamente di amalgama: l'interno di quella superficie sferica sarà riflettente, e costituirà per tal modo uno specchio concavo. Sia O il punto di mezzo di quell'arco e C il suo centro: — C sarà in pari tempo il centro dello specchio sferico, e perciò chiamasi *centro di curvatura:* — il punto di mezzo O, dell'arco MN, dicesi *centro di figura,* e la linea OL che congiunge questi due centri dicesi *asse principale* dello specchio. Ciò posto, rivolgiamo la concavità dello specchio al sole, i cui raggi si possono in tal caso considerare paralleli fra loro, e collochiamo lo specchio in modo che il suo asse principale si trovi parallelo alla direzione dei raggi solari. Un infinito numero di questi raggi, come per esempio BR, DA, ecc., tutti paralleli fra loro e quindi paralleli anche all'asse principale LO, andranno a battere sulla superficie interna dello specchio sferico e da questa verranno poi riflessi in varie direzioni. Come sempre, anche in tal caso, i raggi luminosi vengono riflessi da ogni punto dello specchio in modo conforme alla legge già accennata dell'eguaglianza degli angoli di incidenza e di riflessione; ma, attesa la curvatura sferica dello specchio e secondo la geometria e l'esperienza concordemente dimostrano, tutti quei raggi riflessi, come RF, AF, ecc., passano sensibilmente per un punto F, posto sull'asse principale ad egual distanza dai centri C ed O, e quindi sulla metà della retta CO. Questo punto F dicesi *fuoco principale* dello specchio, perchè i raggi solari che in esso si incrocicchiano, oltre a produrvi viva luce, vi concentrano anche un forte calore, capace di appiccare il *fuoco* a sostanze facilmente combustibili.

In luogo di rivolgere ancora la concavità dello

specchio verso il sole o verso altro corpo luminoso, tanto lontano da potersi considerare sensibilmente paralleli i raggi luminosi che partono dal medesimo e vanno a cadere sullo specchio, rivolgiamo ora la concavità dello specchio verso un punto luminoso poco discosto. I raggi luminosi che in tal caso colpiranno lo specchio, non potranno più essere considerati paralleli, ma saranno divergenti. Anche adesso però i raggi luminosi riflessi dalla concavità dello specchio si incrocicchieranno sensibilmente in un sol punto, se

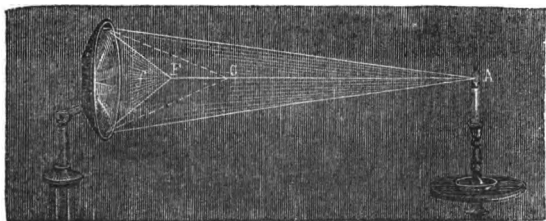



Fig. 124. Fuochi coniugati.

non che la posizione di questo punto sarà diversa; l'incrocicchiamento dei raggi si verificherà ancora sull'asse, ma in un punto *f* (fig. 124) più vicino al centro di curvatura C. Nel punto di incontro dei raggi riflessi si accumula anche in tal caso gran copia di luce e di calore, e perciò gli si conserva il nome di *fuoco*. Per distinguerlo dal fuoco principale lo si chiama invece *fuoco coniugato;* lo si chiama così perchè la sua posizione dipende dalla distanza della sorgente luminosa dallo specchio. Il punto luminoso ed il suo fuoco sono *reciproci* tra di loro, cioè in tale relazione che se al sito del fuoco si colloca il punto luminoso, questi forma il proprio fuoco

precisamente al sito prima occupato dal punto luminoso. Tale relazione è una conseguenza della legge che gli angoli di riflessione sono eguali agli angoli rispettivi di incidenza. È per questa reciprocità che il punto luminoso (chiamato anch'esso *fuoco*, per estensione) ed il suo fuoco diconsi *fuochi coniugati*. Perciò, mentre ogni specchio ha un sol fuoco principale, infinito è invece il numero dei suoi fuochi coniugati. Se nell'esempio disegnato nella fig. 124 allontaniamo la candela accesa A dallo specchio, vedremo il fuoco coniugato *f* avvicinarsi al fuoco principale F; l'opposto avverrebbe se all'incontro la sorgente lu-

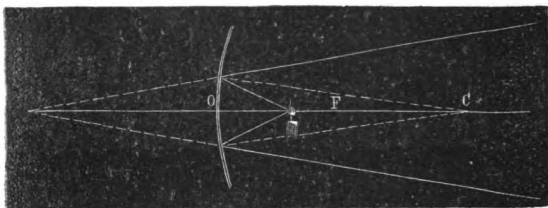



Fig. 125. Fuoco virtuale nello specchio concavo.

minosa A venisse avvicinandosi allo specchio. Se continuiamo ad accostare la candela allo specchio e portiamo la sorgente luminosa precisamente nel fuoco principale F, allora tutti i raggi riflessi diverranno paralleli, e siccome le linee parallele non si incontrano, così, ed in questo caso soltanto, non vi sarà più il fuoco coniugato. Se finalmente muoviamo ancora la candela accostandola allo specchio, questa si troverà fra il fuoco principale e lo specchio, ed i raggi riflessi riesciranno tutti divergenti e quindi non potranno incontrarsi sul dinanzi dello specchio, come ben si comprende dall'esame della fig. 125.

Quel punto in cui si incontrerebbero i prolungamenti dei raggi luminosi riflessi dalla concavità dello specchio, è detto, per analogia, *fuoco virtuale.*

Abbiamo osservato, discorrendo degli specchi piani, che l'occhio scorge l'imagine nella direzione in cui sembrano giungere i raggi riflessi, dal di là dello specchio; ciò avviene analogamente anche negli spec-

Fig. 126. Imagine virtuale negli specchi concavi.

chi concavi: l'occhio vede un'imagine al di là della loro superficie. Ed anche qui, per analogia, dicesi *virtuale* quest'imagine diritta ed ingrandita, prodotta dagli specchi concavi.

Se in luogo d'un lume, poniamo la testa fra il fuoco principale e lo specchio, la vedremo ingrandita come si scorge nella fig. 126.

Riesce facile il rendersi conto di questo singolare ingrandimento prodotto dagli specchi concavi: basta seguire l'andamento d'un raggio luminoso. Tutti i

raggi che partono dal fronte, per esempio dal punto *a* (fig. 127) dell'individuo che si rimira nello specchio, vanno a riflettersi nel punto O, e dopo questa riflessione giungono all'occhio come se effettivamente fossero partiti da un punto A posto al di là dello specchio sul prolungamento della direzione del raggio riflesso. I raggi che partono dal centro della figura vanno a riflettersi in O' e ritornano all'occhio come se fossero partiti dal punto B.

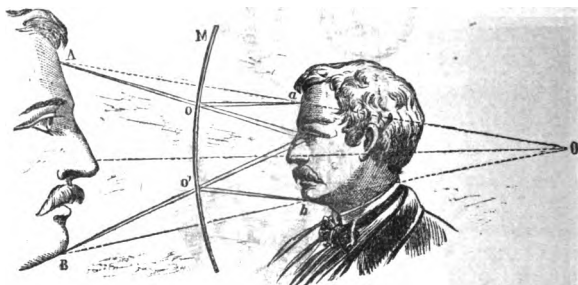



Fig. 127. Teoria delle imagini virtuali negli specchi concavi.

Se in luogo di metterci fra lo specchio ed il fuoco principale, ci portiamo al di là di questo fuoco, le cose muteranno aspetto: in luogo dell'imagine diritta ed ingrandita, vedremo un' imagine rovescia e piccina. Quest'imagine non è illusoria come la precedente, è un'*imagine reale*, la si può ricevere sopra uno schermo, per esempio sopra un foglio di carta, ed allora si scorge la sorprendente apparizione d'una imagine che si forma *davanti* allo specchio, come quella disegnata nella fig. 128. I raggi che partono, ad esempio, dal campanile e dalla terrazza, si riflettono sulla concavità dello specchio, vanno ad incro-

ciarsi nel centro di curvatura, al di là del quale formano una piccola imagine reale e rovescia.

Gli specchi sferici concavi, son poco adoperati nell'uso comune come specchi, cioè per produrre imagini; possono giovare quando importi di vedere un'imagine ingrandita, per esempio a chi si rade la barba. Ma

Fig. 310. Imagine reale prodotta da uno specchio concavo.

negli strumenti dei fisici e massime degli astronomi hanno un'applicazione importantissima, come fra non molto vedremo discorrendo dei telescopi.

Per ora ci limiteremo ad accennarvi una singolare applicazione degli specchi concavi, la quale desterà certamente la vostra curiosità.

Abbiam già veduto che nel fuoco d'uno specchio

concavo si concentra non solo la luce, ma anche il calore emanato dai corpi; ciò si verifica perchè i raggi calorifici che partono dai corpi, si muovono anch'essi in linea retta, ed anch' essi, quando incontrano una superficie riflettente, ne vengono rimbalzati seguendo lo stesso andamento dei raggi luminosi. Vedremo ora l'applicazione di questo fenomeno.

Studiando la storia avrete letto che l' ingegnoso Archimede dall'alto delle mura di Siracusa, sua patria, riescì ad abbruciare, mediante il calore solare, concentrato da specchi concavi, le navi romane che la assediavano: probabilmente egli non potè servirsi d'un vero specchio concavo, ma piuttosto d' un complesso di molti specchi piani disposti circolarmente intorno ad un punto, leggermente inclinati fra loro, in guisa da formare una superficie poco diversa dalla sferica.

Nel 1747 il celebre naturalista Buffon (1) volle rinnovare l'esperienza di Archimede. Costrusse egli, nel modo testè indicato, uno specchio concavo composto di 154 specchi piani disposti come scorgesi nell'unita figura (fig. 129) e con esso eseguì pubblicamente nel *Jardin des plantes* (giardino botanico di Parigi), del

(1) Giorgio Federico conte di Buffon nacque nel 1707 a Montbar (attuale dipartimento della Côte-d'Or in Francia). Viaggiò molto in gioventù studiando ed osservando accuratamente la natura; reduce in patria dedicossi alla pubblicazione d' una completa e particolareggiata *Storia Naturale*, scritta con stile elegantissimo. Questa sua opera, che segnò un vero progresso negli studii naturali, è consultata anco in oggi dai naturalisti. Morì il 16 aprile 1788. Buffon associò per la prima volta la geografia alla storia naturale ed applicò questa allo studio della filosofia.

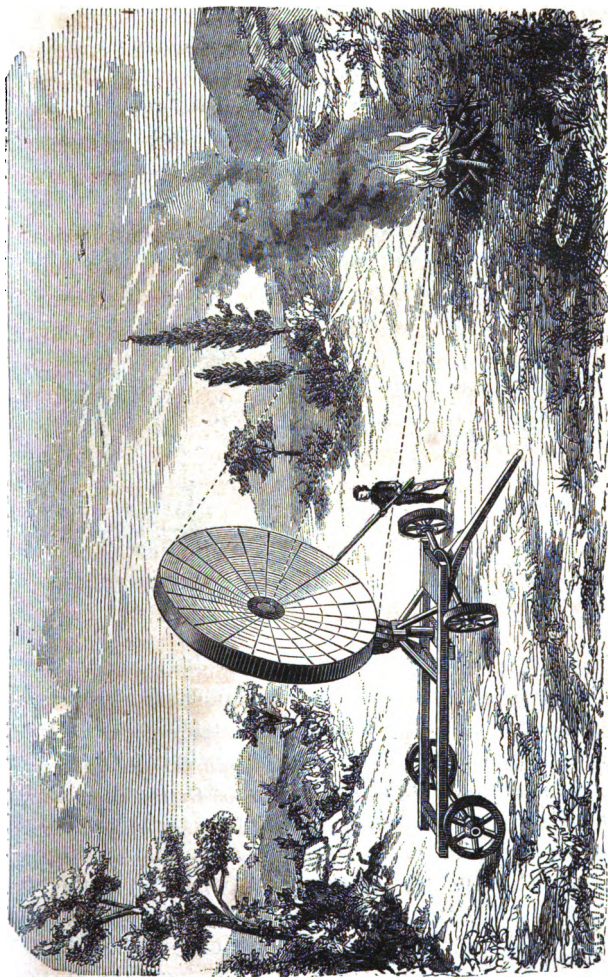



Fig. 129. Specchio ustorio.

quale era direttore, numerose ed interessanti esperienze. Esposto lo specchio ai raggi solari, potè infiammare in pochi istanti una tavola spalmata di catrame, posta alla distanza di oltre 48 metri dallo specchio, fondere lo stagno ed arroventare il ferro. Col cielo purissimo ed il sole d'estate potè infiammare del legno secco alla distanza di oltre 68 metri dallo specchio.

Gli specchi *convessi* possono produrre soltanto ima-

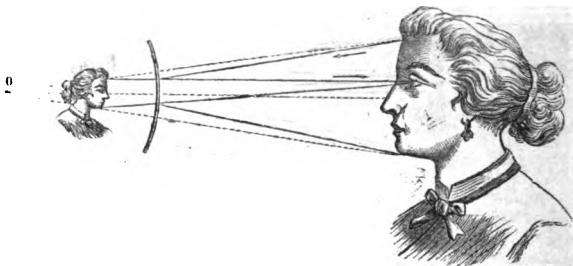



Fig. 130. Imagine virtuale riflessa da specchio convesso.

gini virtuali diritte e piccine, a qualunque distanza vi poniate dallo specchio. Ciò si comprende facilmente considerando che in questi specchi il centro di curvatura trovasi evidentemente al di là della superficie riflettente (nella fig. 130 questo centro è segnato in O) e perciò i singoli raggi luminosi, tanto se partono da punti lontanissimi, quanto se partono da punti vicinissimi allo specchio, vengono riflessi, dalla superficie di quest'ultimo, in direzioni fra loro divergenti, e per conseguenza non è possibile che si incontrino davanti allo specchio. Quei raggi si incontrano per altro virtualmente dietro lo specchio e così danno

origine a *fuochi virtuali* in punti situati fra il centro di curvatura e la superficie dello specchio, tanto più vicini a quest'ultima, quanto più è vicino l'oggetto da cui partono i raggi luminosi.

L'unita figura riescirà a farvi meglio comprendere l'andamento di questi raggi e la generazione della piccola imagine virtuale e diritta.

Quando i raggi luminosi son paralleli all'asse d'uno specchio convesso, i prolungamenti dei singoli raggi riflessi si incontrano in un punto, detto *fuoco principale*, posto sull'asse a metà della distanza fra il centro e la superficie convessa.

III.

Varie specie di lenti. — Asse principale, fuoco, distanza focale d'una lente: fuoco principale, fuochi coniugati e fuoco virtuale — Imagini reali ed imagini virtuali, ottenute con lenti biconvesse. — Imagine virtuale prodotta da lenti biconcave. — Lenti convergenti e lenti divergenti.

Un disco di sostanza trasparente, le cui superfici laterali sono ambedue curve, ovvero l'una è curva e l'altra piana, riceve il nome di *lente*, probabilmente per l'analogia che passa tra la forma del piccolo legume di questo nome — che rovinò finanziariamente l'antico Esaù — e la prima specie di lenti (fig. 131) che ora descriveremo.

Il più delle volte le lenti son fatte di vetro o di cristallo, e per facilità di costruzione si dà loro una curvatura sferica.

Dalla combinazione di superfici sferiche, sia fra loro, sia con superfici piane, si possono ricavare sei specie

di lenti. La figura 132 vi mostra, in sezione, tutte queste lenti. Il n. 1 mostra una lente *biconvessa* (doppiamente convessa), composta di due segmenti sferici eguali che si toccano colle basi; il n. 2 è una lente *piano-convessa*, costituita d'un solo segmento sferico,

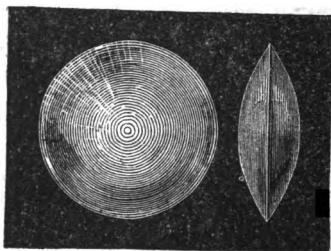



Fig. 131. Lente biconvessa.

e perciò è piana da un lato e convessa dall'altro; il n. 3 rappresenta una lente *concavo-convessa*, detta anche *menisco*: le sue superfici laterali sono entrambe incurvate, secondo una porzione di superficie sferica

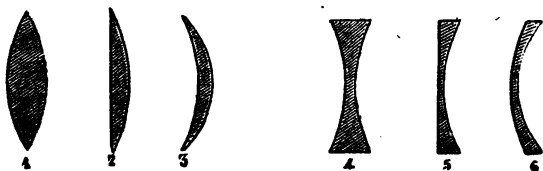



Fig. 132. Varie specie di lenti.

l'una è convessa, l'altra è concava; appartengono perciò a due sfere di raggio diverso, quella corrispondente alla parte concava ha raggio maggiore dell'altra. Nel n. 4 vedete una lente *biconcava*, perchè è terminata sui due lati da due superfici opposte, concave verso l'esterno; quella rappresentata dal n. 5

è detta *piano-concava* poichè, come si scorge, è limitata da una parte da una superficie piana e dall'altra da una superficie concava; per ultimo si dà il nome di *convesso-concava* alla lente indicata col n. 6, perchè è terminata da due superfici, l'una convessa e l'altra concava, la prima delle quali appartiene ad una sfera di raggio maggiore di quello corrispondente alla superficie concava.

Se imaginiamo congiunti con una linea retta i centri delle due superfici sferiche che limitano lateral-

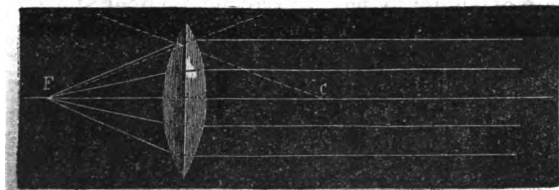



Fig. 133. Andamento dei raggi luminosi in una lente biconvessa (fuoco principale).

mente una lente, quella retta dicesi *asse principale* o semplicemente *asse* della lente.

Per renderci conto delle importantissime applicazioni delle lenti, ci sarà ora mestieri accennarvi alcuni fatti dimostrati dalla matematica e costantemente confermati dall'esperienza:

1.° Presentiamo una lente biconvessa (fig. 133), in faccia ad un punto luminoso posto ad enorme distanza da questa lente, come sarebbe un punto del sole, che supporremo a destra della figura. I raggi luminosi che ne partono possono essere considerati paralleli fra loro. In virtù di quanto abbiamo detto precedentemente, questi raggi subiranno una duplice

rifrazione: la prima entrando nella lente, la seconda uscendone, poichè attraversano ripetutamente dei *mezzi* di diversa densità: dapprima passano dall'aria nel vetro della lente, poscia escono dal vetro e rientrano nell'aria. Per effetto di questa duplice rifrazione i raggi luminosi non esciranno paralleli fra loro come vi sono entrati; avranno invece tutti quanti una direzione convergente ed andranno ad incrocicchiarsi in un punto posto sull'asse principale. Questo punto che dicesi *fuoco principale* viene a trovarsi molto approssimativamente nel centro della superficie sferica

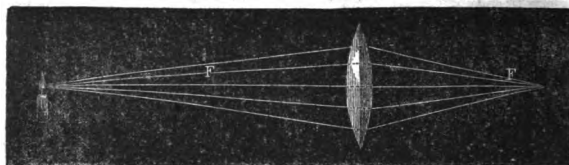



Fig. 134. Andamento dei raggi luminosi in una lente biconvessa (fuochi coniugati).

a cui appartiene la faccia della lente esposta ai raggi luminosi; la distanza fra il fuoco principale e la lente dicesi *distanza focale* di quest' ultima.

2.° Collochiamo ora il punto luminoso nel fuoco principale F (vedi sempre la fig. 133) d'una lente biconvessa, e vedremo i raggi che partono da quel punto, in direzioni fra loro divergenti, traversare la lente, rifrangersi anch'essi due volte, ma uscirne poi tutti paralleli all' asse della lente e quindi anche paralleli fra loro.

3.° Allontanando dalla lente il punto luminoso, che supporremo essere il centro della fiamma di una candela (figura 134), in guisa che questo punto si trovi

ancora sull' asse principale, e che la distanza fra la lente ed il punto luminoso sia *maggiore* della distanza focale, vedremo i raggi riunirsi sull'asse al di là della lente in un punto che del pari dicesi *fuoco*. Allontanando ulteriormente il punto luminoso dalla lente, l'incrocicchiamento dei raggi, ossia il fuoco al di là della lente, si avvicina gradatamente a quest'ultima. Esso coinciderebbe col fuoco principale, qualora il punto luminoso, mano mano allontanandosi, si trovasse ad enorme distanza dalla lente. Il punto luminoso ed il suo fuoco diconsi *fuochi coniugati*, poichè

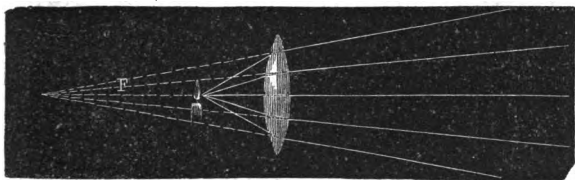



Fig. 135. Andamento dei raggi luminosi in una lente biconvessa (fuoco virtuale).

se portiamo la fiamma nella precisa posizione in cui ora trovasi il fuoco, il nuovo fuoco si formerà precisamente dove prima trovavasi la fiamma.

4.° Accostiamo ora il punto luminoso alla lente, in guisa che la distanza fra questa ed il punto luminoso sia *minore* della distanza focale (fig. 135), ove la lettera F indica come nelle precedenti (133 e 134) la posizione del fuoco principale. Vedremo che in tal caso i raggi luminosi, rifrangendosi pur sempre, tanto entrando quanto uscendo dalla lente, avranno poi una direzione fra loro divergente, ovvero si scosteranno reciprocamente tanto più, quanto più si allontaneranno dalla lente, per conseguenza non sarà possibile

che i raggi rifratti si incontrino. Quando peraltro le loro direzioni venissero prolungate all'indietro, si incontrerebbero in un punto dell'asse, cosicchè mentre è verissimo che i raggi rifratti non s' incontrano, è pur vero che sono inclinati *come* se si incontrassero. Nel caso precedente accadeva un incontro *reale*, qui invece c'è incontro *virtuale*.

Accostando viemmaggiormente il punto luminoso alla lente, i raggi rifratti diverranno sempre più divergenti ed il loro incontro virtuale si farà in un punto, che perciò dicesi *fuoco virtuale*, mano mano più vicino alla lente.

5.° Quanto si è detto pei punti luminosi posti sull'asse principale può essere esteso anche ai punti luminosi posti a non molta distanza da quest'asse. L'incontro dei raggi rifratti, o dei loro prolungamenti, a seconda dei casi, si verifica allora sopra l'*asse secondario* corrispondente alla posizione del punto luminoso, dandosi il nome di asse secondario ad ogni retta che passa pel centro della lente, senza passare pei centri di curvatura della lente medesima.

In tutti i casi ora accennati, all'incontro dei raggi luminosi, si forma l' *imagine* del punto da cui sono partiti quei raggi. L'imagine è *reale* o *virtuale* a seconda che si incrocicchiano realmente i raggi luminosi ovvero i loro prolungamenti. Esponete un foglio bianco ai raggi rifratti, purchè questi sieno convergenti e dieno quindi origine ad imagine reale, e potrete, accostando od allontanando quel foglio, scorgere sovr' esso nettamente l'imagine del punto luminoso.

Ora possiamo esaminare ciò che avviene quando, in luogo d'un punto luminoso, si pone dinanzi alla lente biconvessa un oggetto qualsiasi. Se la sua distanza

dalla lente è maggiore della distanza focale, come ad esempio nella fig. 136, ogni punto dell'oggetto invierà dei raggi luminosi al di là della lente. Questi raggi andranno ad incrocicchiarsi, come abbiam veduto poc'anzi, sull'asse secondario passante pel punto che si considera. Ripetendosi questo fenomeno per tutti i punti dell'oggetto, ognuno di essi avrà necessariamente il suo fuoco al di là della lente e la riunione di tutti questi fuochi costituirà un'imagine dell'oggetto. L'imagine riescirà rovescia, poichè, come si

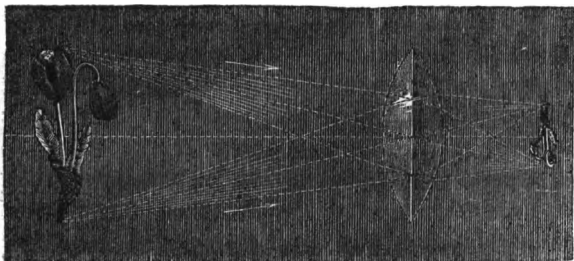



Fig. 136. Imagine reale prodotta da lente biconvessa o convergente.

scorge dalla figura, ogni punto posto al disotto dell'asse principale ha il suo fuoco al di là della lente ed al disopra di quest'asse, mentre l'opposto avviene pei punti dell'oggetto che trovansi al disopra dell'asse principale. L'imagine potrà poi avere diverse dimensioni a seconda che si farà variare la distanza fra la lente e l'oggetto. Ciò si spiega ponendo mente a quanto abbiam detto poc'anzi discorrendo delle varie posizioni in cui trovasi il fuoco al variare della distanza fra la lente ed il punto luminoso: l'imagine riescirà tanto più piccola dell'oggetto quanto più que-

sto sarà discosto dalla lente; avvicinandolo, l'imagine se ne scosterà e diverrà sempre più grande. Quando la distanza dall'oggetto alla lente è doppia della distanza focale, l'imagine, mantenendosi sempre rovescia, diviene grande quanto l'oggetto; avvicinandolo ulteriormente alla lente, l'imagine si ingrandisce ancora; quando poi l'oggetto trovasi nel fuoco principale, l'imagine scompare. Fino a questo punto l'imagine è reale; se l'oggetto posto al di là della lente biconvessa è, ad esempio, la fiamma d'una can-

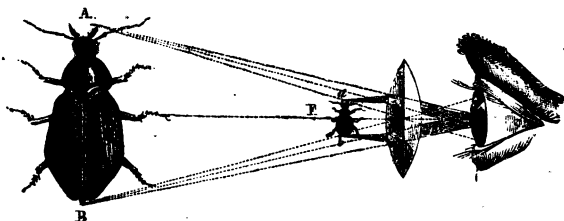



Fig. 137. Imagine virtuale prodotta da lente biconvessa o convergente.

dela, si potrà ricevere l'imagine della fiamma rovescia sopra un foglio bianco. Avvicinando la fiamma alla lente l'imagine diverrà sempre più grande e in paritempo si dovrà scostare il foglio bianco, poichè, come già si disse, avvicinando l'oggetto, l'imagine si allontana dalla lente. Ma se, avvicinando ulteriormente l'oggetto, lo si porta fra il fuoco principale F (fig. 137) e la lente, l'imagine non è più reale, ma virtuale, e quindi non è possibile riceverla sopra il foglio, poichè i raggi luminosi che partono da ogni punto dell'oggetto, giunti alla lente la traversano e poi divengono divergenti. E siccome a ciascun punto

dell'oggetto corrisponde un fuoco virtuale, posto al di là della lente, sul prolungamento dei raggi rifratti; così l'occhio (fig. 137) scorge attraverso la lente un'imagine virtuale AB diritta ed ingrandita dell'oggetto *ab*.

Le lenti *biconcave* sono formate in modo opposto alle precedenti; in luogo di essere più grosse al centro che al contorno, hanno la loro maggior grossezza al contorno e vanno assottigliandosi gradatamente verso il centro. Mentre la curvatura delle lenti biconvesse fa inclinare verso l'asse i raggi di luce, rendendoli convergenti, la curvatura delle lenti biconcave produce l'effetto opposto. I raggi luminosi cadenti sulla concavità della lente vengono per la rifrazione, deviati dall'asse principale, e divengono perciò più divergenti che non fossero prima di entrare nella lente, e perciò dopo usciti dalla lente non si incontreranno mai più; avranno peraltro siffatte inclinazioni che si incontreranno virtualmente dalla stessa parte in cui sta l'oggetto luminoso. Per conseguenza se un oggetto *AB* è davanti ad una lente biconcava (fig. 138), l'imagine del punto *A* si forma in un punto *a* dell'asse secondario passante per A (ossia sulla retta che passa per A e pel centro della lente), l'imagine del punto *B* si forma in un punto *b* dell'asse passante per B; e poichè tra *a* e *b* cadono le imagini dei punti che sono fra A e B, così si comprende che l'imagine d'un oggetto guardato attraverso ad una lente biconcava, si dovrà vedere dalla stessa parte dell'oggetto, diritta, minore del vero, e più vicina alla lente che non sia l'oggetto medesimo. Siccome peraltro questa imagine è virtuale, così non si può riceverla sopra uno schermo.

In qualunque posizione si collochi l'oggetto, non si potrà mai averne, con lenti biconcave, un'imagine nè rovescia nè reale.

Senza entrare in molti particolari intorno alle altre specie di lenti sovramenzionate, vi diremo soltanto che le piano-convesse (n. 2 della fig. 132) e le concave-convesse (n. 3 della suddetta figura) si comportano coi raggi luminosi come le lenti biconvesse, cioè

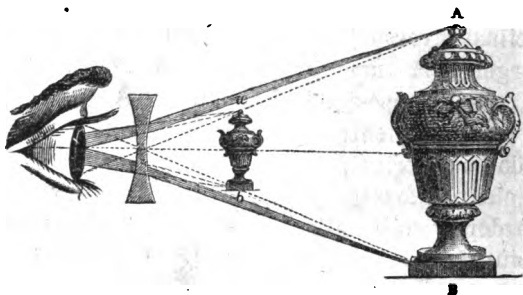



Fig. 138. Imagine virtuale prodotta da lente biconvessa o divergente.

rifrangono i raggi in modo da renderli convergenti o se non altro meno divergenti; al'incontro le piano-concave e le convesse-concave (n. 5 e 6 della citata figura) si comportano come le biconcave: rifrangono i raggi in maniera da renderli divergenti o se non altro meno convergenti. Per tal motivo le tre prime specie di lenti diconsi pure con nome comune *lenti convergenti*, e le altre tre son dette *lenti divergenti*.

Le varie specie di lenti da noi descritte hanno tutte importanza grandissima. Grazie ad esse, divenne pos-

sibile la costruzione di svariatissimi strumenti che allargarono a dismisura la nostra vista, che mercè quest'aiuto può ora spaziare in campi un dì creduti ad essa inaccessibili, con inestimabili benefici pel progresso e per il benessere della specie umana.

IV.

Gli occhiali ordinarii e Salvino degli Armati di Firenze. - Uffici degli occhiali, distanza della visione distinta, presbiti e miopi.

I più semplici fra tutti gli istrumenti ottici sono gli *occhiali ordinarii,* invenzione che data dalla fine del tredicesimo secolo, come rilevasi da un *Trattato del governo della famiglia* scritto l'anno 1299 da Sandro di Pipozzo di Sandro Fiorentino, nel proemio del quale si dice: « Mi trovo così gravoso di anni che non avrei valenza di leggere e scrivere senza vetri appellati okiali trovati novellamente per comoditate delli poveri vecchi quando affiebolano del vedere ». Concorda con questa indicazione ed è più esplicito un brano d'una predica, detta in Firenze nel 1305 dal domenicano B. Giordano da Rivalta che dice: « Non è ancor vent'anni che si trovò l'arte di fare gli occhiali che fanno veder bene, che è una delle migliori arti e delle più necessarie che il mondo abbia ». E l'inventore fu il fiorentino Salvino degli Armati, come attesta la seguente iscrizione rinvenuta nella chiesa di Santa Maria Maggiore di Firenze: QUI DIACE — SALVINO D'ARMATO DEGLI ARMATI — DI FIRENZE — INVENTORE DEGLI OCCHIALI. — DIO GLI PERDONI LE PECCATA. — ANNO DOMINI MCCCXVII.

Passiamo ora ad esaminare brevemente l'ufficio degli occhiali.

Accostando gradatamente all' occhio un oggetto qualsiasi, ad esempio una scrittura, potremo fino ad un certo punto vederla distintamente, ma al di là di quel punto, quella scrittura ci sembra tanto più confusa quanto più l' accostiamo. C'è dunque una distanza alla quale *per lo meno* debbono trovarsi gli oggetti affinchè l'occhio possa vederli distintamente, e perciò la si chiama *distanza della visione distinta*. La distanza visuale non è la stessa per tutti gli uomini: di solito è di 25 a 30 centimetri. Alcuni però vedono chiaramente un oggetto anche alla distanza di 50 e di 80 centimetri, persino di un metro: costoro diconsi *presbiti:* altri all' incontro veggono nettamente gli oggetti alla vicinanza di 20 o di 15 centimetri, e questi diconsi *miopi*.

I raggi che partono da oggetti posti alla distanza di 25 a 30 centimetri dall'occhio d'un presbite sono già troppo *divergenti* per quest'occhio che non è capace di concentrarli nel suo interno, come sarebbe necessario per la visione distinta; a ciò si rimedia, ponendo dinanzi agli occhi lenti *convergenti* (biconvesse), mercè le quali si ottiene un'imagine dell'oggetto ingrandita ed allontanata, e quindi conforme alla distinta visione del presbite.

La struttura di un occhio miope è invece tale, che può *concentrare* nel suo interno anche i raggi assai divergenti che gli arrivano da oggetti situati a distanza minore della normale, ma d'altra parte quell'occhio non è atto a raccogliere i raggi molto convergenti che partono da oggetti lontani, e quindi non può scorgerli nettamente anche a distanze minori

di quelle che producono lo stesso effetto in chi ha la vista normale. I miopi si servono perciò di occhiali con lenti *divergenti* (biconcave), mercè le quali le imagini degli oggetti riescono bensì impicciolite, ma ravvicinate all' occhio che perciò può scorgerle nettamente.

Passeremo ora a discorrere dei mirabili effetti che si possono ottenere combinando opportunamente più lenti, ricavandone quei preziosi strumenti che diconsi *microscopii* o *telescopii* a seconda che servono a farci vedere oggetti molto piccoli, i quali, benchè vicini, sfuggirebbero per la picciolezza ai nostri occhi (*micron* è parola greca che significa piccolo), ovvero oggetti grandi sì, ma troppo lontani per essere scorti ad occhio nudo (in greco *telos* vale lontano).

IL MICROSCOPIO

I.

I globi di vetro degli antichi e gli incisori in pietre dure. — Le lenti biconvesse ed il microscopio semplice. — I microscopio composto. — Cornelio Drebbel. — Ingrandimenti. — Utilità delle osservazioni microscopiche; esame dei tessuti e delle sostanze alimentari falsificate. — Il microscopio e la medicina.

Incominciando dai microscopii vi diremo che sono di due specie, i *semplici* ed i *composti*. Entrambi concorrono al medesimo scopo, ma vi ha una differenza notevole fra loro, tanto rispetto all'epoca in cui furono inventati, quanto riguardo alla loro costruzione ed al loro potere amplificativo.

Seneca, celebre filosofo romano, lasciò scritto che i caratteri sembrano più grossi quando son veduti attraverso ad un globo ripieno d'acqua. In mancanza d'altro strumento, gli antichi si servivano di questo mezzo per ottenere ingrandite le imagini di oggetti minuti. Senza di esso sarebbe stato impossibile agli incisori dell'antichità di eseguire sui camei, o pietre dure, quei minutissimi lavori che appena si scorgono ad occhio nudo.

Posteriormente si riconobbe che non era necessario disporre d'un intero globo e che una porzione di esso bastava allo scopo; si costrussero quindi le lenti bi-

convesse. Come già sappiamo, la lente biconvessa produce imagini ingrandite degli oggetti, quando questi son collocati fra il fuoco e la lente: ecco dunque che una lente di questa specie è un microscopio semplice.

Per comodità dell'osservatore che vuol servirsi del microscopio semplice, si dà ad esso la disposizione indicata nella fig. 139. Una colonnetta di metallo si

Fig. 139. Lente montata o microscopio semplice.

erge sopra uno zoccolo di legno; alla sommità della colonnetta è adattato un piccolo braccio metallico orizzontale che alla sua estremità porta un anello, entro a quest'anello è incastonata la lente biconvessa. Immediatamente sotto alla lente si vede una piastra forata nel mezzo, detta *porta oggetti*, sulla quale si collocano due lastrine di vetro; fra queste due lastrine sta l'oggetto che vuolsi esaminare. Il porta oggetti è sostenuto anch'esso orizzontalmente da un breve braccio metallico che può essere alzato od abbassato a piacere; esso vien fissato nella posizione

scelta, girando una vite di pressione, e così l'oggetto da esaminarsi può essere accostato od allontanato dalla lente. Per ultimo vedete uno specchietto concavo adattato al piede della colonnetta: esso ha l'ufficio di ricevere alla sua superficie la luce diffusa nell'atmosfera e di riflétterne quanta più è possibile sull'oggetto, affinchè l'imagine risulti ben chiara e distinta. Lo specchietto è girevole sul suo appoggio, può quindi assumere qualsiasi inclinazione, per tal modo si dà ad esso di volta in volta l'inclinazione che meglio risponde allo scopo di ben illuminare l'oggetto. Per servirsi del microscopio semplice, si pone l'occhio a grande vicinanza della lente e si muove il porta oggetti, alzandolo od abbassandolo, fino a che l'imagine dell'oggetto, sovr'esso collocato, risulta della massima nitidezza.

Questo strumento è in molti casi insufficiente, poichè mediante una sola lente non è possibile ottenere notevoli ingrandimenti senza nuocere alla chiarezza dell'imagine. Il massimo ingrandimento che si può ottenere guardando un oggetto attraverso ad un microscopio semplice, senza che l'imagine risulti confusa, è di circa centoventi volte, nel senso lineare (in lunghezza od in diametro).

Quando l'osservazione esige maggiori ingrandimenti, si ricorre al *microscopio composto*, costrutto per la prima volta intorno al 1572 da un dotto olandese per nome Cornelio Drebbel, quello stesso a cui da molti vuolsi attribuire l'invenzione del termometro.

Il microscopio composto (fig. 140) è formato dall'unione di due lenti opportunamente disposte alle estremità d'un tubo CD, ossia in C ed in D. Siccome l'osservatore pone l'occhio alla lente D, così questa dicesi

lente oculare. L' oggetto che vuolsi osservare deve essere collocato sopra una lastrina di vetro che si adagia sul porta oggetti B, perciò la lente C, che è la più vicina all'oggetto, dicesi *lente obbiettiva.* Le due lenti possono essere ravvicinate od allontanate l'una dall'altra girando opportunamente un bottone E posto

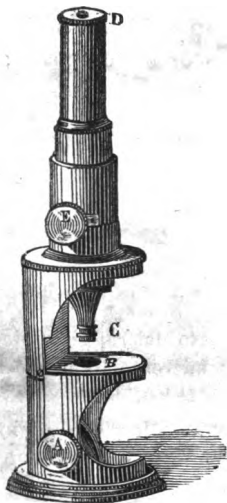



Fig. 140. Microscopio composto.

di fianco al tubo; questo bottone corrisponde internamente ad un rocchetto dentato che ingrana co'suoi denti in quelli d'un'asta dentata aderente al tubo.

Collocato l'oggetto in B sopra una lastrina di vetro, l'osservatore pone l'occhio in D e gira il bottone E fino a che, ravvicinando od allontanando le due lenti, scorge con la massima chiarezza l'imagine del-

l'oggetto. Il piedestallo, che sorregge il tubo ed il porta oggetti, è parzialmente aperto; nel suo interno è disposto uno specchio che può essere variamente inclinato, girando il bottone A. Avrete già compreso che questo specchio serve, come nel microscopio semplice, a riflettere sull'oggetto, per meglio illuminarlo, la luce diffusa nell'atmosfera.

Per renderci conto dell'ingrandimento che si può ottenere col microscopio composto, imaginiamo tagliato il tubo, nel senso della lunghezza, con un piano

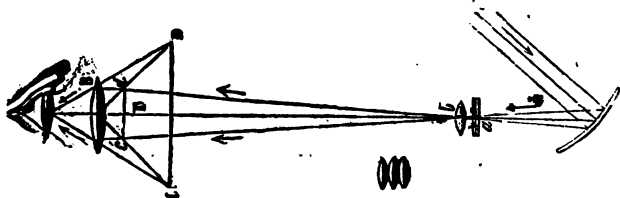



Fig. 141. Andamento dei raggi luminosi nell'interno d'un microscopio composto.

diametrale. Vedremo allora in sezione la lente oculare B (fig. 141), la lente obbiettiva *b*, sotto ad essa il porta oggetti *a*, e più sotto ancora la sezione dello specchio concavo che raccoglie la luce diffusa nell'atmosfera e la riflette sul porta oggetti *a*.

Come vedete nella figura, tanto la lente obbiettiva quanto la lente oculare sono biconvesse; perciò, collocando l'oggetto in *a* al di là del fuoco della lente obbiettiva *b*, i raggi luminosi che partono dall'oggetto attraversano questa lente e formano in *cd* un'imagine reale ingrandita e rovescia dell'oggetto; ma la lente oculare B — che ha il suo fuoco in F — è collocata in modo che l'imagine *cd* va a cadere fra essa

lente oculare B ed il suo fuoco F. Per tal modo, l'osservatore, che tien l'occhio al di là della lente B, vede un'imagine virtuale CD ingrandita e rovescia rispetto alla prima imagine *cd*. Questo duplice rovesciamento ed ingrandimento produce un'imagine diritta e notevolmente ingrandita. Se la prima lente, per esempio, produceva già un'imagine doppia dell'oggetto e la seconda lente fa vedere quest'imagine ingrandita, supponiamo, cinque volte, si vedrà un'imagine che sarà *cinque volte il doppio*, ossia dieci volte più grande dell'oggetto.

Aggiungendo opportunamente al microscopio una terza lente, si aumenta di molto il potere amplificativo di questo strumento. Nei moderni strumenti, si ottenne persino l'ingrandimento rappresentato da mille ottocento volte la dimensione lineare dell'oggetto; il qual ingrandimento lineare corrisponde all'ingrandimento di 3,240,000 volte in superficie. Convien però notare che ingrandimenti consimili nuociono molto alla nettezza dei contorni ed alla chiarezza delle imagini.

Generalmente i microscopii composti si costruiscono coll'ingrandimento lineare non maggiore di 600, corrispondente all'ingrandimento di 360,000 volte nella superficie dell'oggetto osservato; che non è poca cosa. Il naturalista armato di questo strumento può contemplare a suo bell'agio i più impercettibili particolari nelle forme e nella struttura, altrimenti invisibili, di organi animali o vegetali o di cristalli minutissimi. L'occhio armato di microscopio scopre nuovi mondi; legge molte belle pagine del gran libro della natura, che sarebbero per sempre sfuggite ai nostri sguardi per la debolezza dei nostri sensi. Dove la semplice vista dell'uomo vede materia omogenea e morta, come

ad èsempio in una goccia d'acqua, il microscopio rivela mirabile varietà e vita febbrile. Il microscopio non appaga soltanto la nostra curiosità rivelandoci esseri e forme a noi ignote, ma serve in mille casi a beneficio dell'umanità: il mercante riconosce, mercè il microscopio, l'intima composizione dei tessuti e giudica della loro bontà, l'autorità scopre i truffatori che per amor di guadagno tradiscono il pubblico vendendo sostanze alimentari alterate o falsificate, il medico stabilisce la natura di alcune malattie mercè l'esame microscopico del sangue, dell'orina o d'altri umori del paziente.

II.

Le lezioni pubbliche ed il microscopio solare. — Il concentramento dei raggi solari e suo inconveniente. — Le sostanze *adiatermiche*. — Esperienze piacevoli. — Gl' infusorii. — Il rotifero, la monade, i vibrioni. — I globuli del sangue. — Infinita divisibilità della materia. — Il microscopio a gas ed il microscopio foto-elettrico.

« Nell'insegnamento di parecchie scienze (1), importa non di rado che gli scolari *vedano* un oggetto od un fenomeno. Si parlerà, per esempio, della struttura d'un certo fiore; è bene che ognuno degli ascoltanti possa farsene un concetto sicuro cogli occhi propri; si parlerà d'una medaglia antica e del significato più verosimile che può attribuirsi alla sua impronta; è bene che gli uditori abbiano modo di per-

(1) Ambrosoli, Opera citata.

suadersene coi loro sensi. La coagulazione del sangue, la cristallizzazione d'una sostanza disciolta in un liquido e cento altri fenomeni, ben si potranno descrivere con ogni cura, ma il meglio è mostrarli. Or se l'oggetto o il fenomeno è molto minuto (come appunto nei casi che ho citati), bisognerebbe metterlo sotto gli occhi a ciascuno, un dopo l'altro, con infinito consumo di tempo; e se si tratta di cosa non solamente minuta, ma passeggiera (come negli ultimi due casi dei cristalli), la difficoltà aumenta a dismisura, poichè per ciascun uditore sarebbe necessaria una nuova preparazione. Tutte queste difficoltà son tolte quando si faccia uso del *microscopio solare*, ovvero del *microscopio a gas* o di quello *foto-elettrico*, i quali fanno comparire sopra uno schermo bianco, in una camera oscura, le imagini degli oggetti, straordinariamente ingrandite; e per tal modo buon numero di persone può osservare quelle imagini con tutto agio ».

La figura 142 vi mostra, nel suo complesso, un *microscopio solare*. Questo si compone d'un sistema di tre lenti biconvesse e molto convergenti applicate, due alle estremità e la terza in un punto intermedio d'un tubo che si adatta all'imposta della finestra. Uno specchio piano è collocato esternamente in guisa da ricevere i raggi solari sulla sua superficie e da rifletterli nell'interno del tubo, allo scopo di illuminare vivamente l'oggetto che vuolsi osservare. Questo si colloca al solito, fra due lastrine di vetro che si introducono in una fessura praticata nel tubo, fra la lente intermedia e quella posta all' estremità del tubo più lontana dalla finestra. Muovendo convenientemente alcune viti, si può variare le distanze delle lenti fino a che si ottiene sullo schermo una nitida imagine,

straordinariamente ingrandita, del piccolissimo oggetto introdotto nella fessura. Per effetto del movimento apparente del sole, ossia pel movimento diurno della Terra, l'inclinazione dei raggi solari varia continuamente durante l'esperienza; perciò lo specchio cesserebbe dal riflettere i raggi solari e l'oggetto rimarrebbe ben poco illuminato, a scapito della chiarezza nell'imagine che vuolsi vedere sullo schermo; a ciò si rimedia mediante una vite perpetua ed un rocchetto (che scorgonsi a destra nella fig. 142) sul cui asse è impernato lo specchio. La vite perpetua vien mossa girando a mano un bottone rivolto all'interno della stanza.

I raggi solari, passando attraverso a lenti convergenti, accumulerebbero forte calore sull'oggetto introdotto nel microscopio e lo abbrucerebbero in brevissimo tempo. Si dovette perciò studiare un modo che, senza nuocere all'illuminazione dell' oggetto, servisse a preservarlo dal fortissimo riscaldamento prodotto dalla concentrazione dei raggi solari. I fisici avvertirono che alcune sostanze, sebbene molto trasparenti, oppongono tuttavia ostacolo al passaggio dei raggi di calore che emanano dal sole o da corpi incandescenti; a queste sostanze diedero il nome di *adiatermiche.* L' allume di rocca e l' acqua contenente in soluzione una forte dose d'allume, godono di questa strana proprietà. Grazie ad essa si rimedia facilmente all'inconveniente poc'anzi accennato. Si colloca a tale scopo una lastrina di allume di rocca, ovvero una cassetta di vetro piena d'acqua satura d'allume, sulla strada dei raggi solari nell' interno del microscopio; quella lastrina o quell'acqua, mentre lasciano passare la luce, oppongono ostacolo al passaggio del calore solare, e ne sopprimono i dannosi effetti.

Mercè questo strumento, col quale si possono ottenere straordinari ingrandimenti, un pubblico numeroso può godere di molteplici esperienze singolari e piacevoli. Un capello finissimo sembra grosso quanto il manico d'una granata, una pulce sembra un montone: l'acaro della scabbia, animaluzzo che trovasi nelle pustole dello scabbioso, e che determina il contagio di questa malattia, appare più grande della

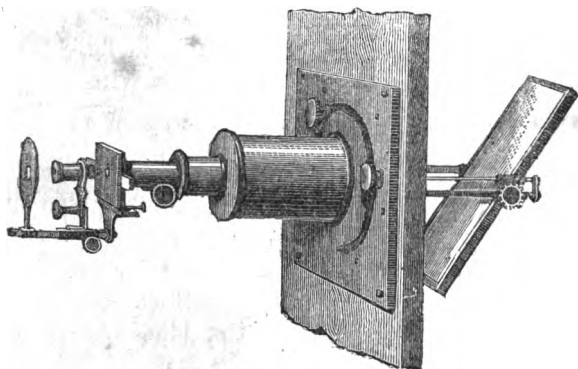



Fig. 142. Microscopio solare.

testa d'un uomo, sebbene l'occhio nudo non potrebbe neppure ravvisarlo.

Prima che fosse inventato il microscopio, l'animale preso per tipo dell'*infinitamente piccolo*, era quello chiamato *pellicello*; e questo nome si dava a tutti gli animaletti che nascono nel formaggio vecchio, nella carne guasta, nella farina, ecc. Ma cotesto pellicello, che è grosso come un grano di sabbia, è ben lungi dall'essere l'*infinitamente piccolo;* Leuwenhoeck calcolò che *mille milioni* di corpi viventi che si sco-

prono col microscopio nell'acqua comune, non danno, presi insieme, la grossezza di un grano di sabbia o di un pellicello che ne è l'equivalente.

L'illustre Ehrenberg di Berlino, che si può intitolare il creatore della *micrografia* moderna, trovò in un pollice cubico di tripolo di Bilin, 40,000 milioni di gusci silicei d'infusorii della specie delle Galionelle. Universalizzando la vita sul globo, egli scrisse nella sua magnifica opera sugl' *Infusorii*, pubblicata nel 1838: « La vita è sparsa nella natura in tanta profusione, che sopra gl'infusorii, vivono da parassiti infusorii più piccoli, e questi piccoli infusorii servono alla loro volta di dimora ad altri infusorii ancor più piccoli ».

Ed il Büchner (1) più recentemente: « Allorchè l'invenzione del microscopio ci rivelò un mondo altre volte ignorato e la delicatezza degli elementi di forme organiche non mai presentite, si ebbe la temeraria speranza di scoprire l'ultima espressione della forma organica, e fors' anche il principio della nascita. Ma durò poco; e la speranza svanì di mano in mano che gli strumenti si sono perfezionati. Il microscopio ci mostra, nella centesima parte d'una goccia d'acqua, un mondo di animaluccoli spesso sotto le più piccole e le meglio determinate forme; i quali, movendosi, mangiando, digerendo, vivono d'una vita simile a quella d'ogni altro animale e sono provveduti di organi della cui struttura noi non abbiamo alcun sentore. I più piccoli sono appena percettibili pei loro esterni contorni e coll' aiuto dei più potenti microscopii; la loro interna organizzazione ci è scono-

(1) BÜCHNER. *Forza e materia.*

sciuta, e ancor meno sappiamo quali altre forme d'animali potrebbero esistere. Col perfezionarsi degli strumenti vedremo le monadi come altrettanti giganti in un mondo di pigmei dagli organismi ancor più piccoli? Il *rotifero*, che non è più grosso della decima o ventesima parte di una linea (1), è fornito di una bocca, di mascelle dentate, d'uno stomaco, di glandule intestinali, di vasi e di nervi. La *monade*, agile quanto il lampo, misura la duemillesima parte d'una linea, ed una sola goccia di liquido ne contiene a milioni; i *vibrioni*, la più piccola specie d'infusorii, appaiono, sotto il microscopio, come ammassi di piccoli punti o linee in vibrazione appena percettibili, ed in una sola linea cubica se ne contarono più di quattromila milioni. Questi animali devono pur avere organi di locomozione, ed il genere dei loro movimenti autorizza ad ammettere che abbiano sensazioni e volontà e che, per conseguenza, sieno anche provveduti degli organi e dei tessuti necessarii alla riproduzione. Ma il nostro occhio, anche armato dei più potenti microscopii, non ha potuto rivelarci la forma di questi organi o tessuti, nè degli elementi materiali che sono il principio della loro conformazione. I globuli sanguigni sono talmente piccoli che una goccia di sangue ne contiene più di cinque milioni. Quel globulo ha in sè la forza organica della generazione; organizzazione singolarmente complicata degli elementi materiali, della quale non possiamo formarcene un'idea, dacchè qui più non ci sorregge il senso della

(1) La linea di cui parla l'autore è la dodicesima parte d'un pollice, che è alla sua volta la dodicesima parte d'un piede; il piede prussiano corrisponde a 314 millimetri; quindi la linea prussiana misura poco più di due millimetri.

vista. Siamo perciò costretti a dire che la materia è infinitamente divisibile, sebbene il limitato nostro intelletto, abituato com' è a trovar ovunque una misura ed un limite, mal si presti alla concezione di quest' idea ».

Ed ora ritorniamo ai microscopii: ancor due parole, ed avremo finito. Il microscopio solare, come abbiam veduto, è uno stupendo strumento che ci istruisce, ci diletta, ci scopre mondi invisibili. Esso però ha un difetto capitale: non è possibile servirsene iu qualunque momento, ma bisogna dipendere dal beneplacito della luce solare, e quindi privarsi dei vantaggi di questo strumento ogni qualvolta non risplende il sole.

Con lo studio delle scienze si rimedia se non a tutte, almeno a molte cose; il sole è capriccioso, non splende che di giorno e ad intervalli; ebbene, la scienza produrrà una luce artificiale che rivaleggerà con quella del sole. Mercè i progressi della chimica si potè produrre una potentissima luce, detta *luce Drummond*, dal nome dello scienziato francese che fu il primo a svilupparla. Questa luce si ottiene facendo escire da un tubo un miscuglio di due gas, ossigeno ed idrogeno, e dandovi fuoco; la fiamma che ne risulta non è per sè stessa molto luminosa, ma in compenso produce calore sì intenso che, collocando in quella fiamma un bastoncino di calce viva, questo diventa incandescente e sparge tutto intorno vivissima luce: dirigendola opportunamente sul microscopio, che in tal caso dicesi *a gas*, si possono eseguire quante osservazioni si desidera anche a dispetto del sole.

Più recentemente la scienza mise a disposizione degli osservatori un'altra luce ancor più potente della luce Drummond, la *luce elettrica*. Questa sarà nota

a buon numero dei nostri lettori, che l'avranno veduta splendere nelle feste pubbliche od in grandi spettacoli teatrali.

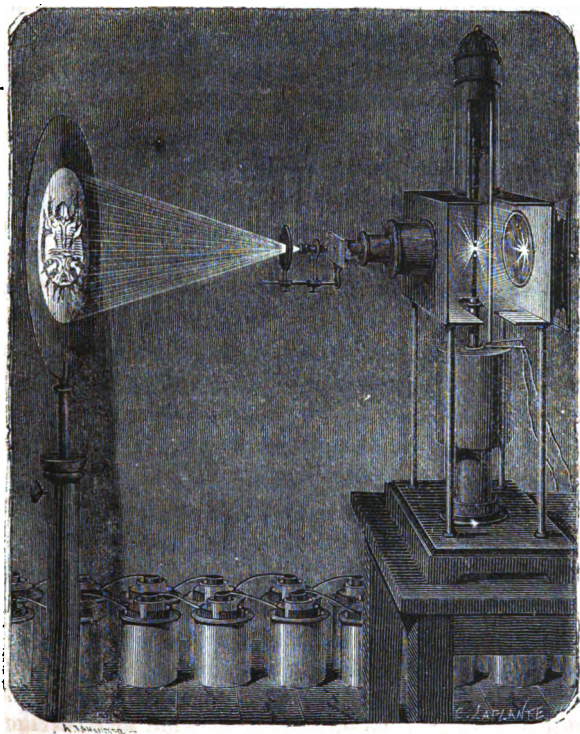



Fig. 143. Microscopio foto-elettrico

Riserbandoci a discorrervi diffusamente della luce elettrica e del modo di svilupparla, quando nel progresso di questo lavoro vi parleremo dell'elettricità e delle sue applicazioni, vi presentiamo frattanto nel-

l'unita fig. 143 un microscopio illuminato mercè la luce elettrica e che perciò dicesi *foto-elettrico*. Questa luce abbagliante si sviluppa fra due punte di carbone mantenute ritte verticalmente ed a breve distanza l'una dall' altra, mercè apposito regolatore. La produzione della luce ha luogo sull'asse del microscopio, ed affinchè l'oggetto che si osserva risulti vieppiù illuminato, si dispone, dietro ai carboni, uno specchio concavo che riflette la luce nell'interno del microscopio. Tutti i vasi che vedete a' piedi dell' apparecchio costituiscono una *pila elettrica*, dalla quale si sviluppa l'elettricità che poi produce quella vivissima luce fra le punte dei due carboni. Alla luce elettrica potrebbe anche sostituirsi la luce del magnesio, che, sebbene d' un potere illuminante minore dell' elettrica, è però di più facile ed economica applicazione.

Qualunque oggetto, per minime dimensioni che abbia, purchè introdotto nel microscopio illuminato a mezzo d'una delle luci sopraindicate, si riproduce molto chiaramente sopra lo schermo che vedesi a sinistra in faccia all' apparecchio (fig. 143): questa riproduzione può risultare più piccola o più grande, a seconda della minore o maggiore distanza dello schermo dall'apparecchio portante il microscopio.

IL CANNOCCHIALE

I.

Ufficio del cannocchiale. — Sua importanza grandissima pel progresso dell'astronomia. — Utilità pratica e valore civile dell' astronomia. — Presunti inventori del cannocchiale. — Il poeta Fracastoro, e G. B. Porta. — Scoperta fortuita a Middelburg. — Merito di Galileo nell'invenzione del cannocchiale. — Sue scoperte astronomiche.

Dal microscopio che ci rivela gl'infinitamente piccoli dell'universo, passiamo ora a discorrervi del *cannocchiale* e del *telescopio*, che ravvicinandoci le imagini di oggetti lontani, allarga a dismisura gli stretti confini del nostro orizzonte e ci scopre miriadi di mondi.

L'importanza del cannocchiale e del telescopio è ben maggiore di quanta può sembrare a primo aspetto; l'invenzione di questi due strumenti — aventi lo stesso ufficio — unitamente al progresso della matematica pura, contribuì potentemente a bandire per sempre i mille pregiudizii che ottenebravano le menti umane e permise la creazione di quel mirabile studio che è l'astronomia.

I cannocchiali, secondo alcuni autori, non sarebbero invenzione moderna, anche l'antichità ne avrebbe fatto uso. Noi non possiamo aderire a questa opinione. Dai documenti storici che ci rimangono, si può

dedurre con sicurezza che Tolomeo e gli altri astronomi dell'antichità compirono i loro studii senza il sussidio dei cannocchiali; e n'erano prive anche le donne greche e romane, ai pubblici spettacoli. — È ben vero che Aristotile asserì potersi vedere le stelle anche di giorno; ma ciò ottennero gli antichi adoperando lunghi tubi, come avviene a chi, splendendo il sole, contempla la vôlta celeste dal fondo di un pozzo. Venendo a tempi a noi più vicini, vi diremo che si credette poter attribuire il merito d'aver inventati i cannocchiali al poeta e filosofo italiano *Fracastoro*, il quale in un' opera pubblicata in Venezia nell' anno 1538 narra che sovrapponendo l'una all' altra due lenti ed osservando con esse la luna e le stelle, queste gli sembravano avvicinarsi.

Il fisico *Giambattista Porta* (1), che occorre nominar molte volte in queste pagine, l'inventore della camera oscura, annuncia nella sua opera della *Magia Naturale* pubblicata nel 1589, che col mezzo di due lenti, l' una convessa e l' altra concava, si pos-

(1) Nacque a Napoli intorno al 1550, studiò e viaggiò molto in gioventù. Di ritorno in patria vi fondò l' accademia *dei Secreti*, che fu poi chiusa d'ordine del papa col pretesto che i soci vi si occupavano d'arti illecite. Porta, mercè le sue cognizioni matematiche, potè spiegare molti fenomeni naturali ed eseguire un gran numero di interessanti esperienze fisiche, in ispecie relative all'ottica che progredì molto per suo merito. Sebbene dotato di robusto ingegno, pure non andò completamente spoglio degli errori del suo secolo, credette alle chimere dell' astrologia giudiziaria, alla potenza degli spiriti e ad altre strane puerilità che, convien confessarlo, si riscontrano negli scritti più stimati di quei tempi. Morì a Napoli il 4 febbraio 1615.

sono vedere gli oggetti ingranditi e ravvicinati. Sì il Fracastoro come il Porta, non fecero però che intravedere il futuro cannocchiale; poichè non costrussero mai un apparecchio d'ottica che pur lontanamente gli rassomigliasse. Noi dobbiamo veramente i cannocchiali in parte al caso, in parte al genio di Galileo.

I figliuoli di un ottico di Middelburg, città dell'Olanda, trastullavansi un giorno con alcune lenti. — Volle il caso che uno di essi, avendo fra mani una lente concava ed una convessa, si ponesse a guardarvi attraverso tenendole ad una certa distanza fra loro. — Facile a immaginarsi è il suo stupore, quando per tal guisa vide distintamente il gallo che sormontava il lontano campanile della chiesa principale di Middelburgo. Il fanciullo corse subito al padre a raccontargli il prodigio, e questo fatto divulgandosi di bocca in bocca giunse nell'aprile del 1609 fino a Venezia, dove in quel tempo trovavâsi Galileo. Questi tornò subito a Padova a specularne la fabbrica, « la quale (come narra il Viviani, nella vita del Galilei) immediatamente ritrovò la seguente notte, poichè il giorno appresso componendo l'instrumento nel modo che se l'aveva immaginato, non ostante la imperfezione dei vetri che potè avere, ne vide l'effetto desiderato e subito ne diede conto a Venezia a'suoi amici; e fabbricandosene altro di maggior bontà sei giorni dopo, lo portò quivi, dove sopra varie altezze della città fece vedere e osservare gli oggetti in varie lontananze a'primi senatori di quella repubblica, con loro infinita maraviglia; e riducendo lo strumento continuamente a maggior perfezione, si risolvè finalmente di far libero dono di questa sua invenzione al doge Donati ed al senato veneto, presentando con

lo strumento, una scrittura nella quale ei dichiarava la fabbrica, gli usi e le maravigliose conseguenze che in terra e in mare da quello trar si potevano ».

Taluni attribuendo assai merito al caso avvenuto in Olanda, negarono a Galileo la gloria dell'invenzione dei cannocchiali. A coloro rispose abilmente lo stesso Galileo, e crediamo far cosa grata al lettore riproducendo testualmente le parole del grande pisano (1).

« Forse alcuno mi potrebbe dire, che di non picciolo aiuto è al ritrovamento e risoluzione di alcun problema, l'esser prima in qualche modo renduto consapevole della verità della conclusione, e sicuro di non cercar l'impossibile; e che per ciò l'avviso e la certezza che l'occhiale era di già stato fatto, mi fosse d'aiuto tale che per avventura senza quello non l'avrei ritrovato. A questo io rispondo distinguendo, e dico, che l'aiuto recatomi dall'avviso, svegliò la volontà ad applicarvi il pensiero, che senza quello può essere che io mai non vi avessi pensato; ma che, oltre a questo, tale avviso possa agevolare l'invenzione, io non lo credo; e dico di più, che il ritrovare la soluzione di un problema pensato e nominato, è opera di maggiore ingegno assai che il ritrovarne uno non pensato nè nominato; perchè in questo può avere grandissima parte il caso, ma quello è tutto opera del discorso; e già noi siamo certi l'Olandese, primo inventore del Telescopio, era un semplice maestro di occhiali ordinarii, il quale casualmente maneggiando vetri di più sorte, si abbattè a guardare nell'istesso tempo per due, l'uno convesso e l'altro concavo posti in diverse lontananze dall'occhio, ed in questo modo vide ed osservò l'effetto che ne seguiva, e vi trovò lo strumento. Ma io, mosso dall'avviso, dettomi, ritrovai

(1) Vedi Saggiatore, nelle *Opere*, Firenze 1718, vol. II, pag. 308.

il medesimo per via di discorso; e perchè il discorso fu anche assai facile, io lo voglio manifestare a V. S. illustrissima, acciocchè, raccontandolo dove ne cadesse il proposito, ella possa render colla sua facilità più creduli quelli che col Sarsi (1) volessero diminuirmi quella lode, qualunque ella si sia, che mi si perviene. Fu dunque tale il mio discorso.

« Questo artificio o consta d'un vetro solo o di più di uno: d'un solo non può essere, perchè la sua figura o è convessa, cioè più grossa nel mezzo che verso gli estremi, o è concava, cioè più sottile nel mezzo, o è compresa tra superfici parallele; ma questa non altera punto gli oggetti visibili col crescergli o col diminuirgli. La concava gli diminuisce, la convessa gli accresce bene, ma gli mostra assai indistinti ed abbagliati; adunque un vetro solo non basta per produrre l'effetto. Passando poi a dire, e sapendo che il vetro di superficie parallele non altera niente, come si è detto, conchiusi, che l'effetto non poteva nè anco seguire dall'accoppiamento di questo con alcuno degli altri due: onde mi restrinsi a volere esperimentare quello che facesse la composizione degli altri due, cioè, del convesso e del concavo, e vidi come questa mi dava l'intento e tale fu il progresso del mio ritrovamento, nel quale di niun aiuto mi fu la concepita opinione della verità della conclusione. Ma se il Sarsi, o altri, stimano che la certezza della conclusione arrechi grande aiuto a ritrovarne il modo di ridurla ad effetto, leggano le istorie, che ritroveranno essere stato fatto da Archimede uno specchio che ardeva in grandissime distanze, ed altre macchine ammirabili; da altri esser stati accesi lumi perpetui e cento altre conclusioni stupende, intorno alle quali, discorrendo, potranno con poca fatica e grandissimo onore ed utile ritrovarne la costruzione; o almeno, quando ciò lor non succeda, ne caveranno un altro beneficio, che sarà il chiarirsi meglio, che le agevolezze che si prometteranno da quella precognizione della verità dell'effetto, erano assai meno di quel che credevano ».

(1) Avversario di Galileo.

La singolare osservazione fatta dal fanciullo middelburghese sarebbe forse rimasta per lunghi anni senza alcuna pratica applicazione, ma caduta nelle mani di Galileo divenne il punto di partenza per una serie di importantissime osservazioni astronomiche. Alla stessa guisa, prima di Newton, migliaia di uomini avranno veduta cadere da un albero una mela matura; ma ci voleva il genio di Newton, per scoprire in quel fatto tanto comune, le leggi della gravitazione universale.

Galileo intravide tosto il grande aiuto che l'astronomia doveva ricevere dall'invenzione dei cannocchiali, e perciò, lasciando di rimirare gli oggetti terreni, rivolse prima d'ogni altro il nuovo strumento alla contemplazione degli astri.

« E prima, riguardando il corpo lunare — dice ancora il Viviani — lo scoperse di superficie ineguale, ripieno di cavità e prominenze a guisa della Terra. Trovò che la via lattea e le nebulose altro non sono che una congerie di stelle fisse che per la loro immensa distanza si rendono impercettibili alla nuda e semplice vista. Vide sparse per lo cielo altre innumerabili stelle fisse, state incognite all'antichità; e rivolgendosi a Giove con altro migliore strumento, ch'egli si era nuovamente preparato, l'osservò corteggiato da quattro stelle che gli si aggirano intorno per orbite determinate e distinte con regolari periodi nei loro moti e diede loro il nome di Stelle o pianeti Medicei « volendo con ciò onorare la famiglia Medici allor regnante in Toscana ». Tutto questo ei scoperse in pochi giorni del mese di gennaio 1610 e fece poi conoscere al mondo per mezzo del suo *Nunzio Sidereo* che nel principio

del marzo successivo, pubblicò colle stampe in Venezia ».

L'Impulso dato da Galileo allo studio dell'astronomia fruttò immensi benefici pel genere umano, che riconosce ormai in questa scienza uno dei più grandi fattori del moderno incivilimento.

II.

Varie specie di cannocchiali. — Cannocchiale astronomico. — Imagini capovolte. — Che cosa sia l' ingrandimento e il campo d' un cannocchiale. — Difficoltà inerenti alla costruzione di grandi lenti obbiettive — Imagini iridescenti. — Aberrazione cromatica. — Lenti acromatiche. — Il matematico Eulero e l' ottico Dollond. — Il cannocchiale terrestre. Il cannocchiale di Galileo. — Il binoccolo da teatro.

Col nome generico di cannocchiali si indicano gli strumenti ottici che servono a ravvicinarci le imagini di oggetti lontani.

I cannocchiali possono essere di tre specie distinte: *astronomici*, *terrestri* e *da teatro*.

I *cannocchiali astronomici* son composti di due lenti applicate alle imboccature di un tubo formato di due parti, l'una delle quali è scorrevole, a dolce sfregamento, nell'interno dell'altra; per tale disposizione l' osservatore può far variare a suo talento la distanza che separa le due lenti fino a che scorge distintamente l'imagine dell'oggetto lontano verso il quale diresse lo strumento. Entrambe queste lenti sono biconvesse, hanno però dimensioni ben diverse. L' osservatore applica l' occhio in prossimità della lente più piccola (fig. 144) che per tal motivo dicesi

lente *oculare;* l'altra lente, che riesce più vicina al-l'oggetto, dicesi *obbiettiva.*

L'interno del tubo sì dei cannocchiali come di ogni altro strumento d'ottica, è annerito, onde impedire alla luce che entra per l'*oculare*, di riflettersi sulle pareti interne del tubo, il che nuocerebbe alla chiarezza delle imagini.

Seguiamo ora l'andamento dei raggi luminosi nell'interno d'un cannocchiale astronomico. Per mag-

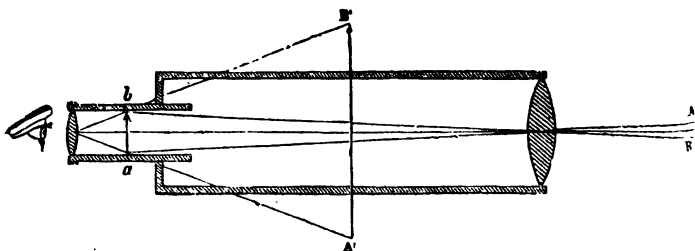



Fig. 144. Andamento dei raggi luminosi nell'interno d'un cannocchiale astronomico.

gior chiarezza supporremo il cannocchiale tagliato pel lungo (fig. 144) con un piano diametrale.

I raggi che partono dal lontano oggetto AB, penetrano nella lente obbiettiva e formano perciò in *ba* un'imagine rovescia ed impicciolita. La lente oculare è collocata in modo che questa imagine *ba* viene a formarsi a distanza alquanto minore — da essa lente oculare — della sua distanza focale; per conseguenza, quest'ultima lente funziona come un microscopio semplice rispetto all'occhio dell'osservatore. Questi vede perciò in B'A' un'imagine diritta, ma notevolmente ingrandita, della primitiva imagine

ba. In ultima analisi l' occhio non vede il lontano oggetto nella sua vera posizione, ma lo vede ingrandito (sempre relativamente alla visione ad occhio nudo) e rovescio. Osservando un oggetto terrestre, come ad esempio un albero, una casa, ecc., traverso ad un cannocchiale di questa specie, vedreste l' oggetto capovolto. Perciò questi cannocchiali non si adoperano solitamente per osservazioni terrestri ma soltanto per l'osservazione degli astri, i quali, pel loro aspetto circolare, possono essere indifferentemente osservati diritti o capovolti. — E per tal motivo appunto, siffatti cannocchiali son detti *astronomici*.

Discorrendo di cannocchiali udrete frequentemente parlare del loro *ingrandimento;* qui ci convien mettervi sull' avviso contro una falsa idea che taluni si posson formare di questo vocabolo.

Un oggetto rimane sempre lo stesso tanto se lo contempliamo ad occhio nudo quanto se lo osserviamo attraverso ad un cannocchiale.

Per ben intendere cosa sia l'*ingrandimento* di un cannocchiale dobbiamo rammentarvi che un oggetto sembra tanto più piccino all'occhio d'un osservatore, quanto più grande è la distanza da quest' ultimo all' oggetto. Perciò, quando si dice che con un dato cannocchiale si vedono gli oggetti ingranditi, ad esempio cento volte, convien intendere che quello strumento ravvicina l'imagine di un oggetto lontano, in modo che l'angolo ottico sotto cui lo si vede mercè lo strumento, contiene cento volte l'angolo ottico sotto il quale si vedrebbe quell' oggetto ad occhio nudo, rimanendo sempre la stessa la distanza in cui sta l'osservatore dall'oggetto.

Parlando di cannocchiali udrete pur menzionare il loro *campo*: si dà comunemente questo nome alla porzione di vôlta celeste che può essere veduta d'un sol tratto con un dato cannocchiale.

Abbiam già detto che nei cannocchiali astronomici la lente obbiettiva è molto più grande dell'oculare; aggiungeremo ora che per conseguire imagini limpide e forte ingrandimento, l'obbiettiva è di consueto poco convessa, mentre l'oculare ha una convessità molto pronunciata. Il principale ostacolo che si incontra quando voglionsi ottenere forti ingrandimenti, deriva appunto dalla difficoltà di ricavare — mercè la fusione d'una massa di vetro — un pezzo perfettamente omogeneo da potersi ridurre alla forma dell'obbiettiva. Molte volte i cannocchiali astronomici vengono costrutti in guisa da poterne levare l'oculare e sostituirne un altro dotato di diverso ingrandimento a scelta dell'osservatore; questi impiega or l'uno or l'altro degli oculari di cui può disporre, a seconda dello scopo speciale dell'osservazione e delle condizioni atmosferiche più o meno propizie alla stessa.

L'obbiettiva del grande cannocchiale dell'osservatorio astronomico di Parigi misura 38 centimetri di diametro e si può con esso ottenere persino l'ingrandimento di tremila. L'osservatorio di Pulkowa presso Pietroburgo, ne possiede uno simile; quello di Cambridge, agli Stati Uniti, possiede un'obbiettiva più grande di quante furono costrutte fino ad ora: essa ha 47 centimetri d'apertura.

Un'altra difficoltà, già creduta insormontabile, impedì per lunghi anni il perfezionamento dei cannocchiali astronomici e diede origine ad un'altra specie

di strumenti ottici, i *telescopii*, dei quali vi parleremo fra breve. Esponendovi ora in che consista questa difficoltà, ormai felicemente superata dalla scienza, potremo spiegarvi il significato d'un altro vocabolo che molti di voi avranno udito ripetere. Avrete udito che un dato cannocchiale è *acromatico* ed un altro no. Vediamo in che consista la differenza.

Sappiamo già che quando un raggio di luce bianca traversa una lente, esso si rifrange tanto entrandovi quanto uscendone; fino ad ora però, per semplicità di discorso, non vi abbiamo detto che quella luce si decompone come se attraversasse un prisma di vetro. I raggi rossi si incontreranno al di là della lente in un punto diverso da quello dei raggi ranciati, questi in un punto diverso da quello dei gialli, e via discorrendo. Cosicchè vi saranno parecchi *fuochi* corrispondenti ai diversi colori. Quest' inconveniente si chiama *aberrazione cromatica* (cioè dei colori, dal greco *croma*, colore) o *aberrazione di rifrangibilità.* Potete accertarvene guardando, attraverso ad una lente, un oggetto chiaro che spicchi in fondo scuro, e vedrete quell'oggetto ornato di orli colorati iridescenti, come se lo guardaste attraverso un prisma.

Per far svanire questi orli iridescenti, che nuociono alla chiarezza delle imagini ed impediscono di coglierne i particolari, si adoperano lenti composte, risultanti dall'unione di due o più lenti fatte di sostanze diverse e perciò dotate di diversa rifrangibilità. Riunendo ad esempio due lenti, l'una biconvessa (o convergente) formata con la pasta di cristallo detta *crown*, l'altra biconcava (o divergente) formata

con la pasta di vetro detta *flint* (1), e foggiando queste due lenti secondo le curvature più convenienti, preventivamente calcolate, si ottiene una lente composta che funziona come un' unica lente convergente nella quale due colori dello spettro, come ad esempio il rosso ed il violetto, avranno sempre i loro fuochi riuniti nello stesso punto. Questa lente produrrebbe imagini molto più nette di quelle che si hanno con le lenti usuali, ma anche le imagini da essa prodotte non sarebbero del tutto prive di iridescenza, poichè i raggi colorati intermedii fra il rosso ed il violetto non andrebbero a riunirsi rigorosamente nello stesso fuoco di questi ultimi. Riunendo opportunamente tre lenti si potrebbero togliere completamente tre colori, ad esempio il rosso, il giallo ed il violetto, e l' aberrazione di rifrangibilità diminuirebbe ulteriormente. Le lenti composte a questa guisa, quando servono a liberare le imagini dai colori dell'iride, diconsi *acromatiche*. Generalmente esse si costruiscono in modo da produrre il perfetto acromatismo pei due colori estremi e per un colore intermedio dello spettro solare.

La ricerca dell'acromatismo delle lenti preoccupò molto i fisici sul principio dello scorso secolo. Il grande Newton, che pur fece progredire notevolmente lo studio dell'ottica, esaminato attentamente il quesito per cercarne la soluzione, credette tuttavia, dopo maturo esame, di poter asserire che non si sarebbe mai rimediato all' iridescenza delle imagini. Tuttavia gli scienziati non si diedero vinti, il celebre geometra

(1) Abbiam già indicata (pag. 296) la composizione di queste due paste di cristallo.

Eulero (1) propose, nel 1747, di distruggere l'aberrazione di rifrazione combinando più vetri cavi nel cui interno si sarebbe racchiusa dell'acqua od altro liquido, e stabiliva, mercè il calcolo, le forme più convenienti per quei vetri. Un inglese per nome Dollond (2), distinto fabbricatore di strumenti ottici, fece tesoro delle proposte d'Eulero, non senza discuterle profondamente, e dopo molto studio, arricchì l'umanità, nel 1758, con la scoperta delle lenti acromatiche (*a* senza, *croma* colore). Così la luce passando per le lenti

> Nella dollondia man docil depone
> La dipinta corona (3),

ovvero sia nella mano del paziente artista la corona non concessa alla mano di Newton.

(1) Leonardo Eulero nacque a Basilea il 15 aprile 1707, studiò le matematiche dapprima sotto a suo padre, ministro evangelico, poscia all'università di Basilea sotto il celebre Giovanni Bernouilli. Chiamato in Russia dall'imperatrice Caterina I, fondatrice dell'Accademia di Pietroburgo, vi ottenne nel 1733 la cattedra di matematica che conservò fino al giorno della sua morte, avvenuta il 7 settembre 1783. Eulero trascorse la sua esistenza senza scosse violenti, senza provare disinganni dolorosi, amato e rispettato da tutti. Il suo nome brillerà in perpetuo nei fasti della scienza accanto ai nomi gloriosi di Galileo, Leibnizio, Cartesio e Newton. La molteplicità degli scritti di Eulero non ci permette di qui riferirne neppure i titoli, che formerebbero essi soli una bibliografia considerevole. Si possono trovare alla fine del 2.° volume delle *Istituzioni di calcolo differenziale* d'Eulero, date a Pavia nel 1787, da Gregorio Fontana.

(2) Giovanni Dollond nacque a Londra nel 1706 e vi morì il 30 novembre 1761.

(3) Mascheroni. *Invito a Lesbia Cidonia.*

I cannocchiali così perfezionati contribuirono in sommo grado al progresso dell'astronomia, che grazie ad essi, spazia ora negli sconfinati campi dell'universo.

Chi osserva oggetti terrestri desidera, almeno nel maggior numero dei casi, vederli diritti. — In luogo quindi del cannocchiale astronomico si adopera a questo scopo il *cannocchiale terrestre*, il quale non ne differisce che per l'aggiunta di una terza lente biconvessa che, convenientemente collocata fra l'obbiettiva e l'oculare, serve a raddrizzare l'imagine capovolta che, come abbiam visto, si ottiene dall'obbiettiva. L'occhio dell'osservatore vede quindi l'imagine dell'oggetto diritta ed ingrandita.

Qui taluno dei lettori potrebbe chiedere perchè gli astronomi si servano di preferenza dei cannocchiali della prima specie che danno l'imagine capovolta, quando c'è modo d'averla diritta. Per rispondere a questa domanda è mestieri avvertire che qualunque sostanza, per quanto ci sembri trasparente, non lascia passare tutta quanta la luce che la attraversa. Della qual cosa ci son modi assai comuni di convincersi; per esempio vi sarete accorti guardando un oggetto traverso molte lastre di vetro poste l'una dopo l'altra, che l'oggetto stesso comparisce molto meno distinto. Questo indebolimento successivo della luce nell'attraversare sostanze diafane, chiamasi *assorbimento*, ed è prodotto dalla riflessione che la luce subisce nell'attraversare quelle sostanze.

Ciò posto, è evidente che la luce patisce meno assorbimento traversando le due lenti del cannocchiale astronomico anzi che le tre del terrestre, perciò appunto — a circostanze pari — gli astri si vedono, col primo,

più distintamente che col secondo. Ora siccome agli astronomi importa vedere gli astri quanto più distintamente è possibile, così devono dare necessariamente la preferenza al cannocchiale dalle due lenti che assorbe meno luce.

Tuttavia anche con sole due lenti si possono vedere diritte ed ingrandite le imagini di oggetti lontani, a condizione però che l'ingrandimento sia molto limitato. *Il cannocchiale di Galileo* risponde appunto a questa condizione; esso è detto anche *cannocchiale da teatro* poichè in vista delle sue lievi proporzioni è frequentemente adoperato dagli spettatori nei tea-

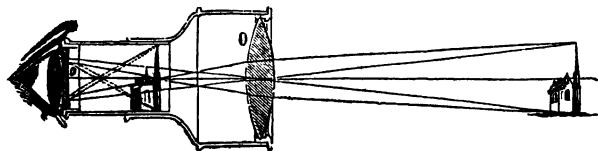



Fig. 145. Andamento ideale dei raggi luminosi nel cannocchiale di Galileo o cannocchiale da teatro.

tri. Esso si compone d'un tubo annerito internamente formato di due parti scorrevoli l'una entro all'altra come si è già detto pel cannocchiale astronomico; come in quest'ultimo, la lente obbiettiva, segnata in *O* (figura 145), è biconvessa, ma all' incontro la lente oculare *o* è biconcava. L' unita figura rappresenta questo cannocchiale come lo si vedrebbe in sezione, ovvero tagliandolo con un piano che passasse per l'asse del tubo; i raggi luminosi che partono ad esempio dalla lontana chiesuola, penetrano nella lente obbiettiva, vi subiscono una duplice rifrazione dopo di che formerebbero al di fuori del tubo, dalla parte

dell'osservatore, un' imagine dell'oggetto reale è capovolta; ma la lente oculare *o* è collocata in guisa da ricevere, al loro passaggio, i raggi luminosi prima che abbiano formata quell'imagine. L'oculare biconcava fa divergere quei raggi e perciò non riesce più possibile la formazione dell'imagine reale, ma il prolungamento dei raggi divergenti produce, nell'interno del tubo, un'imagine virtuale ed ingrandita la quale poi riesce diritta rispetto alla vera posizione dell'oggetto.

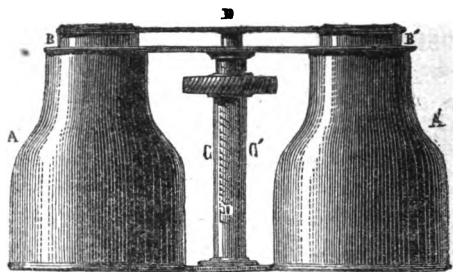



Fig. 146. Binoccolo o cannocchiali da teatro.

I *binoccoli* son costituiti da due ordinarii cannocchiali di Galileo, disposti parallelamente a tale distanza l'uno dall'altro, che l'osservatore può dirigere contemporaneamente lo sguardo in entrambi e ricevere quindi un'imagine in ciascun occhio, con sensibile aumento di chiarezza. I tubi B B' (figura 146) che portano l'oculare (delineata separatamente nella figura 147) son congiunti fra loro mediante una traversa D e possono scorrere a dolce sfregamento nei tubi A A' che contengono l'obbiettiva (delineata pure separatamente nella figura 147). I tubi A A' son con-

giunti mediante due traverse, l'una superiore l'altra inferiore; fra i suddetti due tubi è interposto un terzo tubo C C', di minor diametro, incavato internamente a madrevite: in questo penetra un'asticciuola foggiata a vite che si diparte dal traverso D. Un bottone è unito invariabilmente al tubo C C'; girando questo bottone da destra a sinistra o viceversa, si aumenta

Fig. 147. Cannocchiale da teatro veduto di fianco, oculare ed obbiettiva acromatici.

o si diminuisce a piacere la distanza fra l'oculare e l'obbiettiva, e quindi l'osservatore regola a suo talento la distanza fra le due lenti fino a che l'imagine che ne ottiene risulta della massima chiarezza.

Nei buoni cannocchiali da teatro, tutte quattro le lenti sono acromatiche; spesse volte una di esse è composta di tre lenti (figura 147), l'intermedia è di *flint*, e le altre due son di *crown*.

IL TELESCOPIO

I.

Ufficio del telescopio. — Telescopii di Gregory e di Newton. — Difficoltà inerenti al perfezionamento dei telescopii superate da un povero musicante. — Guglielmo Herschel, suo amore allo studio, sua passione per l'astronomia. — Singolare esempio di attività e perseveranza; gigantesco telescopio costrutto da Herschel; scoperte astronomiche ad esso dovute. — Il pianeta Urano ed i suoi satelliti, l'anello di Saturno, le *nebulose* e le *stelle doppie*. — Confusione di nomi. — Ballo dato da un birraio in una tinozza da birra. — Enorme telescopio di lord Ross.

I telescopii sono strumenti che servono a ravvicinare le imagini degli oggetti lontani. I cannocchiali sono adunque telescopii; infatti essi ebbero questo nome e si indicavano col titolo di *telescopii diottrici* o *telescopii a rifrazione;* ma oggi si chiamano propriamente telescopii, solo quegli apparati nei quali si approfitta nello stesso tempo della riflessione e della rifrazione, ottenendosi quella per mezzo di specchi e questa col mezzo di lenti, allo scopo di osservare ingrandite le imagini di oggetti lontani.

Il piccolo strumento col quale Galileo fece le splendide scoperte astronomiche da noi accennate nel precedente capitolo, aveva un ingrandimento assai debole; ma fu rapidamente migliorato e nelle mani del celebre Huyghens giunse a dimensioni gigantesche

e ad una grandissima potenza. Per ovviare alla necessità della lunghezza enorme voluta per questi cannocchiali, e per ottenere ciononostante i vantaggi ad essi inerenti, Gregory e Newton idearono il *telescopio a riflessione*, nuovo strumento divenuto poscia molto più importante di quello che probabilmente imaginassero i suoi primi inventori.

Il telescopio, come esiste presentemente coi perfezionamenti arrecati alla sua struttura, dev'essere collocato fra le più alte e le più raffinate produzioni dell'ingegno umano. Il telescopio infatti avvicinò l'uomo all'artifizio della natura; gli conferì, se non un altro senso, almeno tale ampliazione del più importante fra quelli ch'egli possiede, da meritare quasi d'essere riguardato come un senso novello. Nè si può ancor dire che il telescopio sia giunto alla sua ultima perfezione. A questa è del resto difficile fissar limiti, considerando i meravigliosi progressi che ogni genere di scienza va facendo, e la delicatezza di artifizio, di gran lunga superiore a quella dei tempi passati, con la quale i materiali possono essere ora lavorati; ed infine ponendo mente alle invenzioni e combinazioni ingegnose che tutto giorno vengono in luce per giungere a novelli scopi fin qui non tentati.

Il telescopio di Gregory si basa sul fenomeno da noi già studiato (1) della riflessione che subiscono i raggi luminosi cadendo sopra uno specchio concavo.

Abbiam veduto che, mediante uno specchio concavo posto in faccia ad un oggetto lontano, si ottiene una imagine di quest'oggetto impicciolita e capovolta, precisamente come da una lente biconvessa molto lon-

(1) Vedi in proposito quanto si è detto a pag. 357.

tana dall'oggetto. Dunque uno specchio concavo può tener luogo della lente obbiettiva dei cannocchiali. Collocando poi una lente oculare in posizione opportuna si vedrebbe ingrandita l'imagine prodotta dallo specchio concavo.

In tal caso l'osservatore dovrebbe mettersi fra l'oggetto e lo specchio per rimirarvi l'imagine dell'oggetto, ingrandita dall'oculare. Ma badiamo bene; se l'osservatore si pone in questa guisa in faccia allo specchio, addio imagine: il corpo necessariamente opaco dell'osservatore, intercetterebbe il passaggio ai raggi luminosi che, partendo dall'oggetto, verrebbero a colpire la superficie riflettente dello specchio. Era dunque mestieri predisporre le cose in modo che l'osservatore potesse guardare nell'oculare senza tuttavia intercettare i raggi luminosi frapponendosi col suo corpo fra l'oggetto lontano e lo specchio.

Gregory (1), distinto matematico scozzese, ideò una ingegnosa disposizione per superare felicemente questa difficoltà. La figura 148 rappresenta in sezione longitudinale un telescopio costruito col sistema di Gregory, e nella stessa figura vedesi tracciato l'andamento dei raggi luminosi.

(1) Giacomo Gregory nacque nel 1636 a New-Aberdeen in Iscozia. Fu professore nel collegio universitario di Sant'Andrea. Dimostrò per primo la quadratura dell'iperbola, data da Mercatore. Pubblicò un'interessante raccolta di teoremi di geometria relativi in ispecie alla trasformazione ed alla quadratura delle figure rettilinee, ed alla rettificazione delle curve. Dedicossi profondamente allo studio dell'ottica, ed immortalò il suo nome coll'invenzione del primo telescopio a riflessione.

Morì improvvisamente nella fresca età di 39 anni, nel 1675, mentre tutta Europa calcolava sui progressi che avrebbe fatta la scienza in grazia sua.

Questo telescopio si compone d'un tubo cilindrico, aperto dalla parte rivolta verso il lontano oggetto A B, e chiuso all'altra estremità da uno specchio metallico concavo M M, che vedesi in sezione verso sinistra nella nostra figura. A questo specchio si dà comunemente il nome di *riflettore*. Nel centro di questo specchio è praticata una piccola apertura circolare. Un secondo specchietto, pure concavo, ma di piccole di-

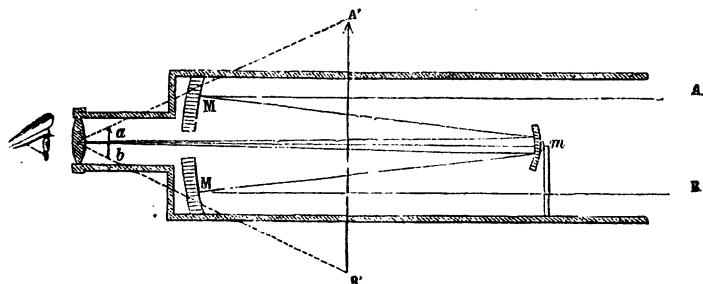



Fig. 148. Sezione ideale del telescopio di Gregory.

mensioni, segnato con *m*, è collocato in faccia al primo, Tutti i raggi che, venendo dall'oggetto lontano A B. penetrano nel tubo, colpiscono la superficie dello specchio M M, che riflette e produce un'imagine reale (similmente a quella segnata nella figura 148) rovescia e piccina, dell'oggetto lontano. Quest'imagine viene a formarsi in un punto intermedio fra lo specchio M M e lo specchietto *m*, perciò da questa imagine partiranno dei raggi luminosi che andranno a colpire questo specchietto *m* che — alla sua volta — rifletterà i raggi luminosi nella direzione della lente oculare collocata posteriormente allo specchio M M,

precisamente in faccia alla piccola apertura circolare accennata più sopra.

Lo specchio M M aveva prodotta un' imagine rovescia del lontano oggetto AB, lo specchietto *m* produrrà analogamente un' imagine capovolta di quest'imagine capovolta, produrrà dunque un' imagine piccina sì ma diritta, *ab*, dell' oggetto A B. La lente oculare, che, come avrete già indovinato, è bicon-

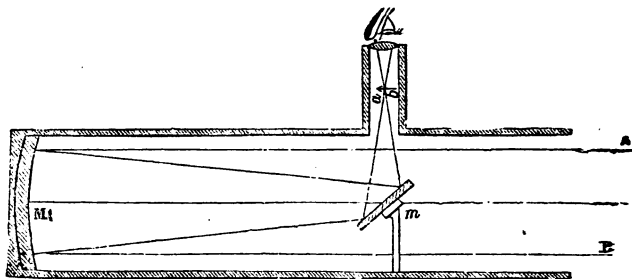



Fig. 149. Sezione ideale del telescopio di Newton.

vessa, funziona come un microscopio semplice e perciò è collocata in modo che quest'imagine *a b* venga a cadere a breve distanza da essa (come nell'esempio segnato nella figura 137). Dunque finalmente l'occhio posto al di là di questa lente vedrà in A' B' un' imagine diritta e notevolmente ingrandita del remoto oggetto A B.

Vedendo esternamente un telescopio di Gregory lo scambiereste a primo aspetto con un cannocchiale ordinario, ma osservandolo un po' attentamente vi accorgereste dell'assoluta mancanza di lente obbiettiva.

Questa maniera di telescopii, ideata da Gregory, venne poi modificata da Newton, che raggiunse lo

stesso scopo senza forare lo specchio maggiore. Newton diede al telescopio che porta il suo nome la disposizione indicata nella figura 149. Questa presenta

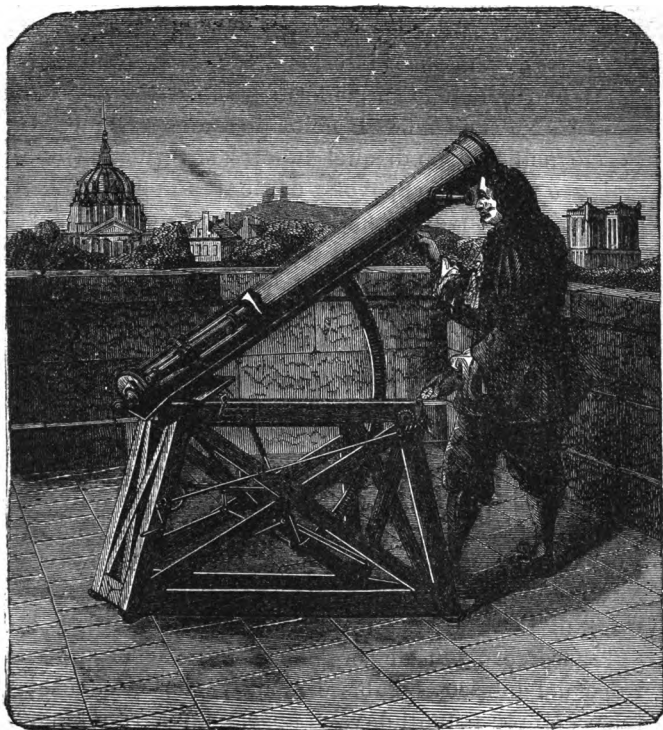



Fig. 150. Telescopio di Newton.

una sezione longitudinale di tale strumento coll' andamento che in esso seguono i raggi luminosi.

In questa specie di telescopii l'oculare non sta al fondo dello strumento, ma trovasi invece in un tu-

betto che si stacca lateralmente dal tubo principale. Uno specchietto piano *m* è collocato di faccia allo specchio concavo M, in modo da formare un angolo di 45° con l'asse di questo specchio concavo. Con tali disposizioni, i raggi entrati nel tubo, dal lontano oggetto A B, vengono riflessi dallo specchio concavo, colpiscono quindi lo specchietto piano dal quale vengono per ultimo riflessi nella direzione dell'ouclare. Perciò nell' interno di quel tubetto si forma un'imagine *a b* piccina e capovolta del lontano oggetto A B. Una lente biconvessa, convenientemente collocata rispetto alla posizione in cui formasi quest'imagine *a b*, permette all'osservatore di vedere la desiderata imagine ingrandita del remoto oggetto A B, che sembra comparire fra l'occhio e lo specchietto piano. Chi vede per la prima volta un osservatore mentre adopera questo strumento (figura 150) frena difficilmente il suo stupore, potendosi a stento capacitare che guardando nel fianco dello strumento si possano vedere ravvicinate le imagini degli astri lontani, che pur trovansi nella direzione dell'apertura del telescopio.

Il primo di questi telescopii, costrutto dallo stesso Newton, fu da questi donato nel 1672 alla Società reale di Londra.

Trascorsero più di cent'anni senza che la costruzione dei telescopii subisse alcun perfezionamento; i telescopii più potenti davano appena un ingrandimento lineare di 400. La difficoltà principale per ottenere ingrandimenti maggiori è inerente alla costruzione dello specchio concavo. Questo deve essere conformato con curvatura perfettissima, e la levigatezza della superficie deve essere spinta al massimo grado. Ciò che non riesciva ai costruttori di professione rie-

scì ad un modesto dilettante d'astronomia, Guglielmo Herschel, che invaghitosi degli studi astronomici, giunse con la sua intelligente e perseverante attività, a costruire un colossale telescopio, dal quale ottenne persino l'ingrandimento di 6000 volte. Strumento mirabile che, come fra breve diremo, permise al suo assiduo costruttore di collegare il suo nome a non poche scoperte astronomiche della più alta importanza.

Guglielmo Herschel nacque ad Annover nel 1738 da un povero musicante che educò i suoi quattro figliuoli nella stessa professione. Guglielmo si recò, giovanetto, in Inghilterra a cercarvi fortuna. In breve potè entrare, come suonatore di oboe, nella banda musicale della milizia di Durham. Il reggimento stanziava a Doncaster. Un dottor Miller che colà abitava desiderò stringere conoscenza col giovane Herschel, avendone già apprezzati i talenti musicali. Il dottore prese a conversare col giovane suonatore, e ravvisando in lui molte buone qualità, se gli affezionò per modo che lo pregò di lasciare la banda militare e di recarsi a vivere per qualche tempo nella sua casa. Herschel accondiscese con grato animo, continuò ad essere suonatore di professione e come tale si produsse in parecchi concerti, ma in pari tempo approfittò della libreria del dottor Miller per instruirsi nelle scienze. Dopo qualche tempo dovette recarsi a Bath a formar parte dell' orchestra dei bagni. Mentre trovavasi colà, venne in cognizione di alcune recenti scoperte astronomiche; queste eccitarono la sua attenzione e svegliarono in lui una ardente curiosità, volle vedere coi propri occhi, e trovò un amico cortese che gli prestò un piccolo telescopio di Gregory. Il povero musi-

cante rimase talmente affascinato dalle meraviglie che i cieli offrivano ai suoi sguardi per mezzo di questo strumento d'ottica, che volle dedicarsi con tutto ardore alle osservazioni astronomiche. Perciò bisognava anzitutto disporre d'un telescopio dotato di maggiore ingrandimento. Ei cercò di comperarne uno, ma il prezzo che gli si chiese era troppo elevato per la meschina sua borsa..... Or che fa egli? non può comperarsi lo strumento? ebbene, ne costruirà uno egli stesso.

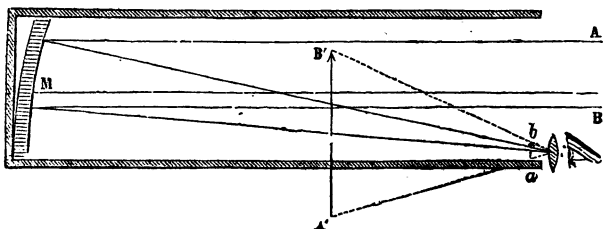



Fig. 151. Sezione ideale del telescopio di Herschell.

Ei lavora indefessamente, studia la forma più conveniente da darsi al suo caro telescopio e ne trova una che diminuisce la dispersione dei raggi di luce, con notevole aumento nella chiarezza delle imagini. In breve diviene abilissimo nella costruzione dei riflettori o specchi metallici che costituiscono la parte fondamentale dei telescopii. Servendosi di specchi da lui costrutti con ogni cura, ottiene successivamente ingrandimenti doppi, tripli o quadrupli di quelli che si conseguivano fin allora. Era già molto, ma non ancora abbastanza per soddisfare la dotta curiosità dell'instancabile Herschel, che continua a preparare specchi e ad osservare gli astri in tutte le ore che

gli rimangono disponibili. Sì signori, il povero Herschel continuava a guadagnarsi modestamente il vitto suonando nei concerti di Bath; la sua passione per

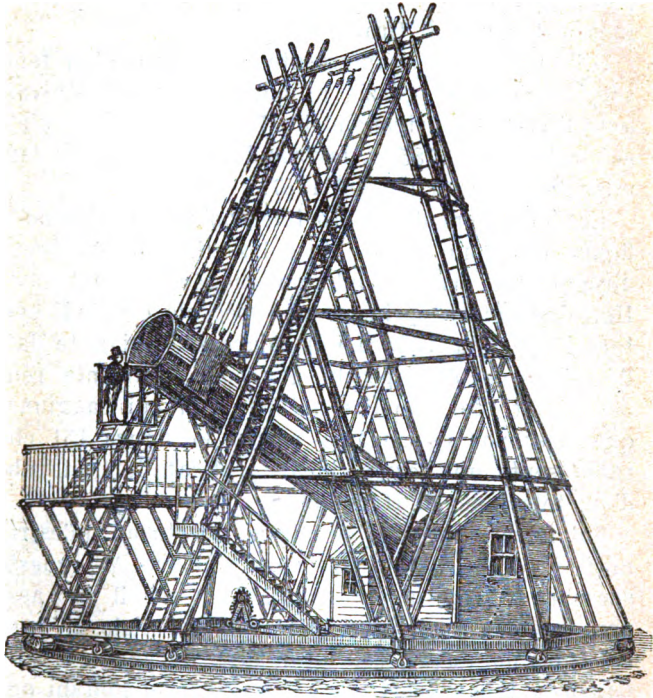



Fig. 152. Telescopio di Herschell.

e osservazioni astronomiche era talmente intensa che, negli intervalli delle suonate, usciva dalla sala per dare un'occhiata frettolosa al firmamento giovansi del suo telescopio, e poi se ne tornava contento suo oboe.

Osservando attentamente il cielo con un telescopio da lui costrutto, lungo sette piedi, Herschel scoprì, nel 1781, nel nostro sistema planetario, un lontano pianeta, al di là di Saturno; a questo nuovo pianeta impose il nome di Urano.

Gli sorrideva costantemente il pensiero d'un telescopio colossale, grazie al quale ei ripromettevasi grandi scoperte astronomiche. Incominciò a costruirlo sul cadere del 1785, e, lavorandovi sempre, potè terminarlo sul principio del 1787.

Le dimensioni di questo telescopio, disegnato nella figura 152, sono realmente colossali, come fra breve diremo. Ma prima vogliamo spiegare in qual modo Herschel potè sopprimere uno specchio e quindi evitare la perdita di luce e di chiarezza, derivante dall'impiego dei due specchi. Potremo facilmente renderci conto del semplice artificio con cui raggiunse questo scopo; osserviamo perciò la figura 151 che rappresenta una sezione ideale praticata lungo il tubo d'un telescopio di Herschel.

Sul fondo d'un tubo cilindrico, aperto ad un'estremità, è collocato uno specchio concavo M; questo specchio è leggermente inclinato, ossia il suo asse non è, come negli altri telescopii, parallelo all'asse del tubo, ma forma, con quest'asse, un angolo acuto. Grazie a tale disposizione, l'imagine dei lontani oggetti, verso i quali è diretta la bocca del tubo, non si forma intorno al centro del tubo, bensì verso l'orlo; e così i raggi luminosi partiti dal lontano oggetto AB, producono un'imagine reale, capovolta e piccina, in *ba*, presso all'orlo del tubo. Una lente biconvessa, collocata a conveniente distanza dal luogo in cui formasi quest'imagine, serve ad ingrandirla; e l'occhio che

guarda attraverso a questa lente, vede in B' A' un'immagine capovolta ed ingrandita del lontano oggetto AB. L'osservatore guarda adunque nell'interno del tubo, volgendo le spalle all'oggetto ch' ei vuol osservare; altra posizione non meno singolare per chi la vede per la prima volta. Questa posizione presenta un inconveniente: parte dei raggi luminosi, provenienti dai lontani oggetti, non penetra nello strumento, poichè è arrestata dalla testa dell'osservatore.

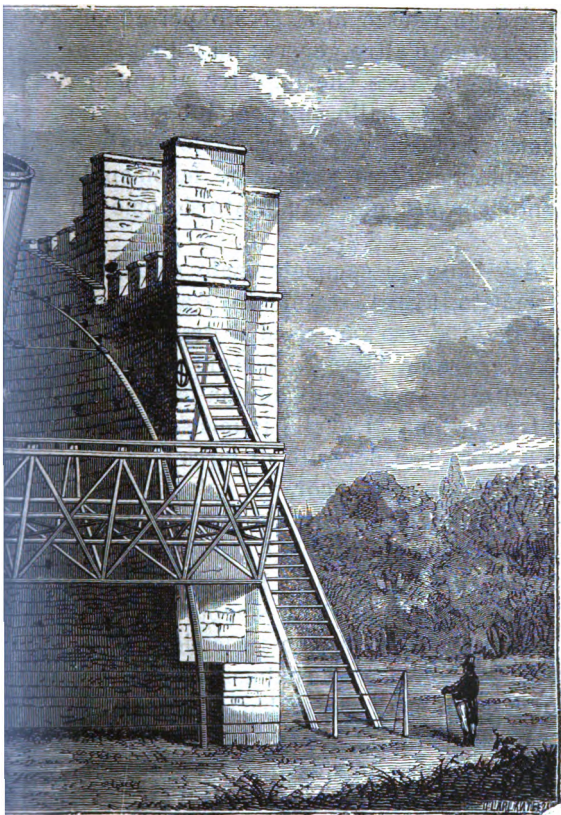
Nel colossale strumento costrutto da Herschel, il tubo misurava 12 metri in lunghezza e 1^m 47 in diametro; lo specchio concavo, di lucidissimo metallo, pesava da solo più di 1000 chilogr. Il tubo era sostenuto da un enorme castello di legname portato da ventiquattro rotelle scorrevoli sopra un basamento circolare. Si poteva muovere circolarmente tutto il castello e quindi orientare a piacere il telescopio, servendosi opportunamente d'un arganello. Il tubo poteva ricevere qualsiasi inclinazione, bastando all'uopo manovrare un sistema di corde e di pulegge fissato da una parte alla sommità del castello e dall' altra al tubo, a poca distanza dalla bocca. Da quest' ultima pendeva una piattaforma sulla quale portavasi l'osservatore.

Possessore di questo strumento, che dava l'ingrandimento di 6000 volte, Herschel scoperse, dal 1787 al 1794, sei lune o satelliti intorno ad Urano; nel 1789 scoperse due nuovi satelliti di Saturno, e nel 1790 potè accuratamente osservare l'anello che cinge quest'ultimo pianeta. Scandagliò minutamente le profondità del firmamento ed aumentò di molto le scarse cognizioni che prima si aveano intorno alle nebulose, all' aspetto ed alla probabile costituzione fisica del

sole, e scoperse per primo l'esistenza di quei sistemi stellari che diconsi *stelle doppie*. L'umile suonatore

Fig. 151. Grande t

d'oboe, divenuto uomo celebre, fu nominato astronomo reale e, grazie alla generosità di re Giorgio III, ebbe

una posizione agiata pel restante della sua vita, che terminò nel 1822.

io di lord Ross.

Le grandi dimensioni del telescopio di Herschel colpivano vivamente l'imaginazione di quanti lo visi-

tavano; la descrizione dei suoi portentosi effetti passava, esagerandosi, di bocca in bocca; si asserì persino che Herschel aveva veduti, con esso, gli abitanti della luna. Il grande telescopio si prestò poi ad una graziosa mistificazione d'altro genere: un bel mattino correva per Londra la voce che l'illustre astronomo aveva data una festa da ballo entro al tubo del suo telescopio. Questa fantasia parve originale assai, e servì a far considerare come veramente fenomenale quello strumento, che era già riguardato siccome un colosso.

La notizia del ballo fu completamente smentita; qualche bello spirito aveva scambiato l'astronomo con un birraio dello stesso nome, ed il grande telescopio con una tinozza da birra. Il birraio aveva effettivamente invitati i suoi clienti ad una festa organizzata nell'interno d'una di quelle immense tinozze che servono a Londra per deposito di birra.

Che diremo del telescopio ancor più colossale, che lord Ross eresse in questo secolo nel suo castello di Bir, presso Parsonstown in Irlanda? Questo telescopio supera di gran lunga quello di Herschel, e nelle dimensioni e nella perfezione delle singole parti lavorate dallo stesso lord. Questi, non temendo di disonorare il suo blasone, dedicò giornalmente parecchie ore, pel corso di più anni, alla fabbricazione dello specchio concavo di metallo; mercè speciali metodi di sua invenzione, ottenne un riflettore perfettissimo.

Il tubo di questo telescopio, lungo 55 piedi (16^{m} 76), pesa 6,604 chilogrammi. Lo specchio metallico, collocato al fondo del tubo, ha 6 piedi (1^{m} 83) di diametro e pesa 3,809 chilogrammi.

Questo magnifico strumento, rappresentato dalla

figura 354, è sorretto da due muraglioni isolati lunghi 22 metri ed alti 15, portanti il meccanismo mercè il quale il telescopio può venir rivolto a qualunque punto del cielo. Un sistema di scale mobili permette all'osservatore di collocarsi alla bocca del tubo, qualunque sia l'inclinazione assegnata a quest'ultimo.

Mercè questo strumento lo sguardo umano penetra nelle più remote profondità del cielo, ed il nobile costruttore (che vi spese ben 300,000 franchi) eseguì con esso importanti scoperte, relative specialmente allo studio delle nebulose.

Quest'enorme pupilla, avente $1^m,80$ di diametro, permette di abbracciare con lo sguardo tutta la superficie lunare, rivolta verso di noi, con la stessa facilità con cui la nostra piccola pupilla abbraccia un paesaggio terrestre. « Col telescopio di lord Ross — disse un illustre scienziato — il signor Babinet, non si vedrebbe un elefante lunare; ma una mandra d'animali, simili alle mandre di buffali dell' America, sarebbe visibilissima. Con esso si scorgerebbero distintamente truppe che marciassero in ordine di battaglia. Le costruzioni umane, e non solo le città, ma anche i grandi edifici, sarebbero distinti facilmente ed ancor meglio si vedrebbero con esso gli oggetti di qualche lunghezza, come i fiumi, i canali, le strade, le piantagioni regolari ».

LA FOTOGRAFIA

I.

I prodigi della scienza; benefici della fotografia. — La *camera oscura*. — Incantevoli miniature. — Proprietà dei sali d'argento. — Esperienze di Charles, Wedgwood e Davy. — Primi tentativi di Niepce nel 1815. — Contemporanee ricerche di Daguerre. — Associazione dei due inventori. — Influenza dei vapori di mercurio. — L'invenzione di Daguerre patrocinata da Arago è acquistata dalla Francia e resa di pubblica ragione nel 1839.

Se due o tre secoli fa, taluno avesse proclamato che l'uomo riescirebbe un giorno a rendere immobile la passeggiera sua imagine riflessa da uno specchio, cosa avrebbero detto gli uditori? I più indulgenti scrollando le spalle in segno di piena incredulità avrebbero compassionato colui siccome un povero pazzo; i meno indulgenti lo avrebbero accusato al Santo Uffizio per commercio col demonio, ed il meschinello sarebbe perito sul rogo od avrebbe finiti i suoi giorni nelle carceri della Inquisizione. Oggi invece siamo già tanto abituati ai prodigi della scienza, che ci sembra naturalissimo l'andare da un fotografo, posare pochi istanti dinanzi a un apparecchio ottico e di lì a poco ritirare, con mitissima spesa, quante copie si desiderano della nostra persona ritratta con la più scrupolosa fedeltà. E questo non è il solo be-

neficio dovuto alla fotografia, chè grazie ad essa, comodamente seduti nel vostro seggiolone e senza muovere un passo fuori dalla vostra stanza, potete esaminare minutamente i più stupendi panorami, i più importanti monumenti, i tipi più singolari che arditi ed abili fotografi andarono a ritrarre in Persia, in India, in Cina, in Oceania, nelle regioni da noi più remote; potete contemplare a vostro bell'agio le mobili fasi d'un fenomeno, riprodotte con la massima precisione; studiare utilmente, anche a mille miglia di distanza, gli avanzi di antichi monumenti e le sibilline iscrizioni di cui sono fregiati, potete in mille altri modi giovarvi di quest'arte mirabile che, nata ieri, ha in brevissimo tempo percorso lungo cammino e fa concepire le più belle speranze pel futuro. — Arte tanto mirabile merita al certo di essere descritta, almeno sommariamente, in questo volume.

La fotografia, come la maggior parte delle invenzioni, non è dovuta ad un sol uomo, essa è il frutto degli studii di più generazioni: la moderna fotografia è figlia della *daguerrotipia,* e questa deve la sua esistenza alla *camera oscura.*

La *camera oscura* è una scoperta italiana: il fisico napoletano Giambattista Porta (1), più volte nominato in queste pagine, fu il primo ad avvertire intorno al 1650 che praticando un piccolo foro nell'imposta d'una finestra in una stanza perfettamente oscura, gli oggetti esterni si dipingono coi loro colori ma impiccioliti e rovesci, sulla parete che sta in faccia al forellino. Quest'esperienza vuol esser fatta di

(1) Vedi la nota a pag. 396.

giorno quando la luce veste gli oggetti coi loro colori; mancando la luce, tutti i corpi sembrano neri e quindi non si vedrebbe alcuna imagine nè sulla parete che sta in faccia al forellino, nè altrove.

Eseguendo adunque l'esperienza suaccennata potrete accorgervi che le imagini degli oggetti esterni, che, come abbiamo detto, si dipingono a rovescio sulla parete che sta in faccia al forellino, riescono tanto più nitide, tanto più spiccate, quanto è più piccolo quel forellino; ma d'altra parte quanto più esso è piccolo, tanto minore è la quantità di luce che, penetrando per esso, produce l'imagine, perciò quest'ultima riesce necessariamente tanto meno vivace, quanto più spiccati ne sono i contorni. Sembrerebbe adunque impossibile l'ottenere imagini vestite di vivaci colori e in pari tempo dotate di contorni precisi e ben definiti. La proprietà già descritta (pag. 370 fig. 134) delle lenti convergenti permette di superare questa difficoltà a primo aspetto insormontabile; ed invero queste lenti hanno la proprietà di riunire in un sol punto, al di qua della lente, i raggi luminosi che partono da un punto posto al di là ed a qualche distanza dalla lente; sappiamo già che quest'ultimo punto è il *fuoco coniugato* dell'altro. Ecco dunque che allargando il foro ed applicandovi una lente convergente (o biconvessa), in modo che il foro ne rimanga completamente otturato, l'imagine d'un punto posto al di fuori si formerà nell'interno della stanza nel punto corrispondente al fuoco coniugato del punto esterno. Se in luogo d'un punto si considera un oggetto qualunque, un edificio, un paesaggio, la di lui imagine andrà analogamente a formarsi nei fuochi coniugati dei suoi singoli punti, e

purchè l'oggetto di cui si tratta sia molto distante dalla lente, i fuochi coniugati si formeranno nell'interno della *camera oscura,* tutti a un dipresso alla stessa distanza dalla lente. Perciò si potrà render visibile quell'imagine, collocando uno schermo in faccia alla lente, in guisa che la di lui posizione corrisponda sensibilmente con quella in cui vanno ad incrocicchiarsi i raggi luminosi dopo aver attraversata la lente, o in altri termini, nella posizione dei fuochi coniugati. Per quanto sappiamo (pag. 373), quest'imagine riescirà piccina e rovescia, ma riescirà tanto più vivace quanto più grande sarà la quantità di luce penetrata attraverso alla lente, nella camera oscura. Questa lente, col linguaggio già adottato pei varii strumenti ottici, dicesi *obbiettiva* poichè è rivolta agli oggetti esterni che si vogliono veder dipinti nella camera oscura. La pittura così ottenuta riesce delle più belle e vivaci che idear si possa, ogni più minuto particolare degli oggetti esterni è riprodotto con la massima fedeltà tanto nelle forme quanto nelle tinte; avete dinanzi a voi una miniatura vivente che vi pone sott'occhio ogni cosa esterna nei suoi più minuti particolari; vedreste il destriero correre sulla via, l'uccelletto librarsi nell'aria e la locomotiva col suo grigio pennacchio di fumo e di vapore attraversare rapidamente quell'incantevole miniatura. Se mentre ammirate quest'interessante fenomeno d'ottica un burlone apre un nuovo varco alla luce, vedete svanire quel quadro incantevole, e dove prima vedevate i paesaggi più deliziosi vedete soltanto lo schermo di candida tela che riceveva l'imagine! Chiudendo l'adito alla luce, l'incanto si rinnova, ed il paesaggio si dipinge di bel nuovo sullo

schermo, coi suoi vivaci colori, con le sue mobili macchiette; vorreste inchiodarlo sulla tela, ma ogni vostro sforzo riesce vano e, a malincuore, abbandonate quell'arduo problema.

Per approfittare in qualche modo di questa invenzione, si costrussero *camere oscure portatili;* mercè le quali anche gli ignari del disegno possono tracciare a mano il contorno degli oggetti, nei loro rapporti di grandezza e posizione, conformandosi in pari tempo a tutte le regole della prospettiva lineare. — Una camera oscura portatile è una cassetta parallelepipeda montata sopra un trepiede mercè il quale si può alzarla od abbassarla e darle l'opportuna inclinazione per raccogliere, sullo schermo, l'imagine d'un dato oggetto. Questo schermo è una lastra di vetro smerigliata che costituisce la parete posteriore della cassetta; tale disposizione permette ad un osservatore, di veder dipinta, *sulla superficie esterna* di quella lastra di vetro, l'imagine piccina e rovescia d'un oggetto lontano. Nella parete anteriore della cassetta è praticato un foro circolare nel quale è fissato immobilmente un tubo; un secondo tubo, di diametro un po' più piccolo, può scorrere entro al primo, analogamente ai tubi dei cannocchiali; questo secondo tubo, che è propriamente *l'obbiettivo* della camera oscura, contiene due lenti acromatiche convergenti stabilite ad una data distanza, non molto grande, l'una dall'altra. Un'asta dentata ed un rocchetto opportunamente disposti permettono di avvicinare od allontanare l'obbiettivo dal fondo della cassetta; l'osservatore gira in un senso o nell'altro quel rocchetto, e quindi aumenta o diminuisce la distanza dall'obbiettivo al vetro smerigliato fino a che

vede formarsi su quest' ultimo una nitida imagine dell'oggetto esterno che vuole copiare.

È verosimile che il difficile problema di rendere permanenti le passeggere imagini fornite dalla camera oscura abbia arrovellati molti cervelli nei tre

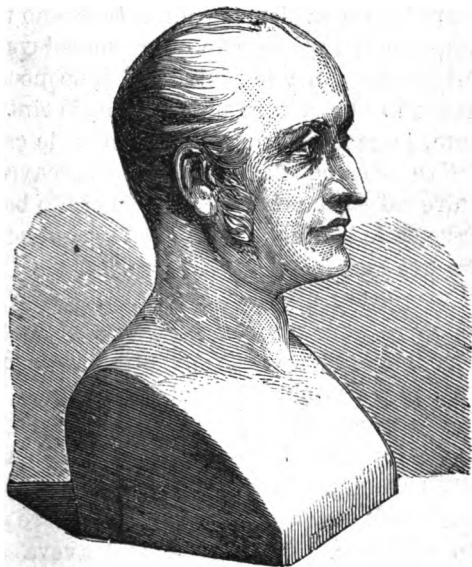



Fig. 154. Niceforo Niepce.

secoli d'esistenza che ormai conta quest'interessante apparato d' ottica, però la storia della scienza registrò due nomi soltanto, Niceforo Niepce e Luigi Giacomo Daguerre, ciascuno dei quali, all' insaputa dei lavori dell'altro, seppe fissare le fugaci imagini fornite dalla camera oscura.

Niepce nacque nel 1765 a Châlon, sulla Saona, entrò

nel 1792 nell' esercito francese e fece la campagna d'Italia col grado di primo tenente; ritornato in patria dedicossi con trasporto a molte ricerche scientifiche industriali. Nel 1799, quando Senefelder rese pubblica l'invenzione della litografia, Niepce fece di quest'arte la principal sua occupazione.

La litografia aveva destato un entusiasmo universale. Erano pochi i paesi che non possedevano un torchio litografico; ma le pietre all' uopo necessarie non si avevano che a caro prezzo. Niepce rintracciò, inutilmente, la pietra litografica in tutte le cave del Lionese. Non trovando la pietra ch'ei cercava pensò di sostituire ad essa una lamina di metallo ben levigata. Prese delle lamine di stagno ed eseguì sovr'esse alcuni disegni con la matita litografica, ma il risultato non corrispose alle sue speranze: pensò allora di abbandonare ogni ulterior tentativo di imitazione della litografia e si propose di ottenere per altra strada la facile riproduzione dei disegni.

Niepce era studioso, sapeva che alcune sostanze cangiano colore sotto l'azione prolungata della luce: fin dal 1556 l'alchimista Fabricio aveva riconosciuto che il cloruro di argento bianco cangia colore quando è esposto alla luce. Il chimico Scheel aveva annunciato al mondo scientifico, nel 1777, che il cloruro d'argento bianco esposto alla luce rifratta da un prisma (vedi pag. 348) cangia aspetto più rapidamente sotto l'azione dei raggi azzurri e violetti del prisma di quello che per effetto dei raggi rossi o ranciati. Nel 1780 lo stesso chimico osservò che l'acido nitrico vien decomposto dalla azione chimica della luce.

Altri scienziati riconobbero l'influenza più o meno

sensibile della luce anche sopra altre sostanze (1), fra le quali convien ricordare una resina nera che si raccoglie sulle rive del mar Morto (Palestina), nota col nome di *bitume di Giudea.*

Nel 1780 il professor di fisica Charles, già menzionato parlando del primo pallone a gas idrogeno (pag. 230), riescì a copiare il contorno di parecchi dei suoi uditori, giovandosi all'uopo della suaccennata proprietà del cloruro d'argento. Charles stendeva, sopra un foglio di carta bianca, una soluzione di cloruro d'argento, invitava la persona ad esporsi ai raggi solari e collocava il foglio di carta in modo da ricevervi l'ombra di quella persona. La parte del foglio investita dai raggi solari anneriva rapidamente, mentre la parte colpita dall'ombra rimaneva bianca e quindi distintamente visibile per alcuni minuti, ma l'azione della luce diffusa anneriva a poco a poco anco le parti rimaste bianche e così il contorno dell'ombra scompariva ed in breve tutto il foglio acquistava tinta uniforme.

Intorno al 1803 due illustri scienziati inglesi, il fisico Wedgwood ed il chimico Davy, tentarono di ricavare qualche pratica applicazione dai cangiamenti di colore che i sali di argento subiscono per effetto della luce, ma i loro tentativi rimasero infruttuosi.

Niepce rinnovò nel 1815 i tentativi di Wedgwood e di Davy, ma non riescendogli di render permanenti le imagini momentanee ottenute col cloruro e col nitrato d'argento ricominciò le sue esperienze battendo

(1) Rammentiamo in quest'incontro il fatto generalmente conosciuto che la cera gialla ed i tessuti di lino si imbiancano sotto l'azione dei raggi solari.

altra via. Intonacava la sua lamina di stagno con una vernice nera contenente bitume di Giudea, la ricopriva con un disegno qualunque reso trasparente da una vernice oleosa, e quindi esponeva la lastra, così ricoperta, alla luce solare; la luce attraversava più facilmente le parti bianche del disegno e meno facilmente le parti oscure e quindi il bitume di cui era spalmata la lastra subiva in vario grado l'azione della luce; le parti intaccate dalla luce diventavano bianche, quelle che non avevano subita l'azione della

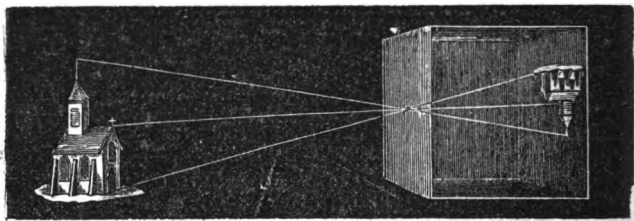



Fig. 155. Camera oscura.

luce, rimanevano nere. Niepce otteneva a questo modo, sulla lastra di stagno, una fedele riproduzione del disegno adoperato; i tratti oscuri del disegno rimanevano oscuri anche sulla vernice bituminosa, ed i tratti chiari del disegno riescivano chiari anche sulla vernice. Le imagini così prodotte, dall'azione della luce sulla vernice bituminosa, sono alcun poco più durature di quelle ottenute impiegando i sali d' argento, ma anch'esse svaniscono, poichè a poco a poco tutta quanta la vernice si modifica e divien bianca sotto l'azione della luce. Restava quindi a risolversi un arduo problema: rendere permanente la passeggiera imagine prodotta dalla luce. Con indicibile perseve-

ranza, pel corso di ben dieci anni, Niepce sperimentò a tale intento tutti gli agenti chimici che gli riescì di procurarsi; finalmente, intorno al 1826, potè accertarsi che immergendo la sua lastra già verniciata ed intaccata dalla luce, in una mescolanza di essenza

Fig. 156. Luigi Daguerre.

di lavanda e di petrolio, questa mescolanza scioglie le parti della vernice bituminosa non tocche dalla luce, e lascia inalterate tutte le parti modificate dalla luce: da quell'istante in poi l'imagine ottenuta sulla vernice riesce insensibile all'azione della luce.

Dopo aver riprodotti a questa guisa quanti disegni gli capitarono sotto le mani. Niepce pensò di valersi

della camera oscura, per conservare e rendere imperiture le vaghe imagini che essa fornisce. Collocata la sua lastra, verniciata di bitume, nel fuoco d'una camera oscura, la luce riproduceva fedelmente sulla vernice tutte le imagini esterne: gli oggetti più vivamente illuminati, e che perciò riflettono maggior luce, andavano a dipingersi su quella vernice con tratti assai chiari, i corpi in ombra riflettono pochissima luce e perciò riescivano appena visibili, i corpi mediocremente illuminati risultavano d'un grigio più o meno spiccato a seconda della varia intensità della luce. Dopo un certo tempo ei ritirava, dalla camera oscura, la sua lastra verniciata e la tuffava nella mescolanza di petrolio e d'essenza di lavanda. Allora le parti di vernice che non erano state tocche dalla luce si sciogliievano e, in tutti quei punti, la lastra metallica riesciva denudata, tutte le altri parti conservavano più o meno vernice a seconda che erano state più o meno intaccate dalla luce: le parti della lastra che rimanevano coperte di bitume rappresentavano i chiari, quelle denudate, le ombre, e quelle sulle quali la mescolanza dissolvente aveva agito incompletamente, rappresentavano le mezze tinte.

Per mala sorte il bitume di Giudea è assai lento a subire l'influenza della luce; per ottenere un'imagine chiaramente visibile è mestieri lasciare la lastra metallica per circa dieci ore nel fuoco della camera oscura; in dieci ore il sole fa una bella strada (perdonateci la falsità di questo modo di dire, poichè, come ben sapete, è la Terra che si move intorno al sole, mentre questi rimane, relativamente, immobile), per conseguenza i chiari e le ombre cangiano posto nel corso dell'operazione.

Questo processo era quindi assai lontano dalla perfezione, ma già nessuna invenzione si è fatta in un giorno, come vi sarete accorti più volte sfogliando questo volume: il più difficile è l'incominciare. I perfezionamenti vengono di poi. Niepce era ben contento d'aver già ottenuto un risultato così grossolano: intaccando la sua lastra metallica con un acido, le parti di metallo denudate dalla vernice venivano corrose, le altre, ancor vestite di vernice, rimanevano intatte; spogliandole poscia dalla vernice si otteneva una lastra che ripassata alquanto al bulino poteva servire a cavarne migliaia di esemplari nel modo già indicato parlando dell'incisione all'acqua forte.

A questo nuovo metodo di incisione, Niepce dava il nome di *eliografia*, siccome di scrittura (in greco, *grafo*) fatta col sole (in greco *helius*).

Nel mentre Niepce, nella sua villeggiatura sulle tranquille rive della Saona, andava eseguendo la lunga serie di esperienze, da noi sommariamente accennate, un valente acrobata e distinto pittore, Luigi Daguerre (nato nelle vicinanze di Parigi nel 1787), favorevolmente conosciuto per l'invenzione del *diorama*, si occupava a Parigi con la ricerca d'un metodo che valesse a fissare le fugaci imagini della camera oscura; le sue lunghe e pazienti ricerche non avevano prodotto alcun risultato definitivo, quando nel gennaio 1826 seppe accidentalmente che un dilettante di provincia aveva acquistata a Parigi una camera oscura munita di lenti perfezionate. Il venditore, il distinto costruttore di strumenti ottici Carlo Chevalier, conoscendo il nome e il domicilio dell'acquirente, che era appunto il nostro Niepce, e sapendo pure che questi mirava allo stesso scopo di

Daguerre, consigliò quest'ultimo a mettersi in relazione col dilettante di provincia.

Dopo un lungo carteggio i due sperimentatori stipularono a Châlon (14 dicembre 1829), un contratto di società, allo scopo di far convergere tutti i loro sforzi riuniti verso la meta tanto vagheggiata.

Niepce comunicò il suo segreto a Daguerre, e Daguerre si diede tosto a migliorarlo; ei riconobbe, fortuitamente, nel maggio 1831, che il ioduro di argento è ben più sensibile del bitume di Giudea all'azione della luce. Da allora in poi Daguerre rinunciò completamente al bitume, ei prendeva una lastra di rame argentato, la collocava in una scattola contenente cristalli di iodio; il vapore che si svolge naturalmente da quei cristalli, si combina coll'argento della lastra formando con esso un ioduro d'argento; la lastra così preparata, in un ambiente privo di luce, veniva poi collocata nel fuoco della camera oscura; ritirandola di là ei la esponeva ai vapori di petrolio, questo vapore si condensa soltanto sulle parti della lastra iodurata, che, essendo rimaste nell'ombra, non furono alterate dalla luce, le ricopre d'una vernice trasparente, e lascia intatti tutti quei punti della lastra che subirono l'azione della luce. Così Daguerre cangiò completamente le basi e lo scopo dell'invenzione di Niepce. Questi adoperava la lastra di metallo per servirsene come d'un'incisione che doveva poi essere riprodotta sulla carta; l'altro vuole che sulla lastra rimanga il disegno definitivo. Il sistema di Daguerre prevalse e pigliò da lui il nome di *Daguerrotipia*.

Progredendo sempre nelle sue ricerche Daguerre sperimentò un'altra *sostanza rivelatrice*, ben più potente dei vapori di petrolio, ei riconobbe che espo-

nendo ai vapori di mercurio la sua lastra iodurata, sulla quale l'imagine prodotta dalla luce era a mala pena visibile, i vapori di mercurio si depositano su quelle parti della lastra iodurata che avevano subita l'influenza della luce e lasciano incolumi tutti gli altri punti di quella lastra. L'imagine appare allora con chiarezza e nitidezza straordinarie.

Ma non era dato a Niceforo Niepce di conoscere tale inaspettato perfezionamento introdotto nel suo metodo primitivo. Niepce morì a Châlon, nel suo sessantanovesimo anno, il 5 luglio 1833; il suo nome passò allora inosservato, sebbene tutto il merito dell'iniziativa dell'importante invenzione che ci occupa, sia a lui dovuto.

Nel 1835 Daguerre informava Isidoro Niepce, figlio ed erede di Niceforo, dei brillanti progressi conseguiti grazie all'impiego della nuova *sostanza rivelatrice* (i vapori di mercurio) ed otteneva dallo stesso un atto addizionale a quello del 14 dicembre 1829 nel quale si dichiarava che in virtù degli ottenuti perfezionamenti era finalmente giunto il momento opportuno di render pubblica l'invenzione dell'eliografia.

I due soci tentarono di costituire una società di azionisti per ottenere i capitali necessarii ad organizzare su vasta scala un'industria basata sull'eliografia, ma i capitalisti non risposero all'appello di Daguerre e Niepce; allora Daguerre, si rivolse ad alcuni illustri scienziati e fece loro apprezzare tutta l'importanza del suo trovato: fidando nella discrezione dell'illustre Arago, Daguerre gli confidò tutti i più minuti particolari del suo sistema eliografico. Arago apprezzò tosto la somma importanza della

nuova invenzione ch'egli annunciò pubblicamente all'Accademia delle Scienze a Parigi il 7 gennaio 1839, senza però rivelare il segreto degli inventori, i quali non intendevano farlo conoscere che al prezzo di duecentomila franchi. Temendo che la Francia rimanesse priva di quest'importante invenzione, Arago ne parlò al ministro dell'Interno e gli suggerì di far acquistare dal Governo francese il segreto posseduto da Daguerre e Niepce. Per intromissione d'Arago i due soci modificarono la loro domanda; allora le Camere francesi accordarono (30 luglio 1839) a titolo di ricompensa nazionale, una pensione vitalizia di 6000 franchi a Daguerre e di 4000 franchi ad Isidoro Niepce. Il 10 agosto 1839 Arago, nella sua qualità di segretario perpetuo dell'Accademia delle Scienze di Parigi, comunicò a quel dotto consesso ogni particolare relativo alla nuova invenzione.

II.

La daguerrotipia; la lastra metallica iodurata, l'esposizione ai vapori mercuriali. — Inconvenienti presentati dalle imagini daguerriane. — Il cloruro d'oro proposto da Fizeau. — *La fotografia sulla carta* proposta nel 1839 dall'inglese Fox Talbot; momentanea indifferenza del pubblico. — Rapida diffusione della fotografia a partire dal 1847. — L'unica imagine *negativa* serve a produrre molteplici imagini positive. — L'albumina ed il collodio. — Le *prove istantanee*. — Numerose e svariate applicazioni. — L'avvenire della fotografia.

Passeremo ora ad esporvi brevemente i fenomeni ed i processi che costituiscono la *fotografia* (parola composta dal greco, *foto* luce e *grafo* scrittura), nome generico sotto il quale si comprendono tutte le ima-

gini artificialmente ottenute dalla luce, sopra qualsiasi sostanza, riservando il nome speciale di *daguerrotipia* alle imagini fotografiche ottenute sopra lastre metalliche col metodo di Daguerre.

Nella *daguerrotipia* si espone la lastra di rame argentato ai vapori del iodio, questi si combinano con l'argento e formano un leggero strato di ioduro d'argento che è sensibilissimo all' azione dei raggi luminosi. La lastra, così *iodurata*, vien collocata nel fuoco d'una camera oscura e colà essa riceve l'imagine impiccolita e rovescia degli oggetti esterni provocata dall'obbiettivo. La luce decompone il ioduro d'argento in grado più o meno forte a seconda che colpisce più o meno vivamente i singoli punti della lastra iodurata.

Tuttavia, quando, dopo parecchi minuti, ritirate la lastra dalla camera oscura, cerchereste invano la traccia lasciatavi dalla luce; tutta la superficie della lastra metallica conserva l'identico aspetto che aveva prima. Dov'è l' imagine? Per farla comparire convien esporre la lastra, entro ad una cassetta chiusa, ai vapori che si svolgono riscaldando leggermente il mercurio contenuto in apposito recipiente. Allora succede un singolarissimo fenomeno: i vapori mercuriali si precipitano abbondantemente sulle parti della lastra che furono maggiormente modificate dall'azione chimica della luce, si depositano meno abbondantemente sulle parti meno modificate, e non si depositano punto su tutte quelle parti della lastra che non subirono l'azione luminosa; risulta quindi, sulla lastra, un'imagine dell' oggetto rappresentato naturalmente nella camera oscura; quelle parti dell'oggetto che erano maggiormmente illuminate, vengono indicate

da una brillante vernice di mercurio, tutte le altre parti dell'oggetto sono indicate da una vernice di mercurio tanto più debole quanto più debole fu la luce da esse riflessa. Le parti completamente oscure e che perciò non tramandarono luce alcuna, sui corrispondenti punti della lastra, non ricevono la più leggera traccia di mercurio e perciò su tutti quei punti rimane chiaramente visibile la superficie naturale della lastra. L'imagine riesce quindi perfettamente visibile sulla lastra grazie a questi varii aspetti dei singoli suoi punti; non affrettatevi però a concludere che l'operazione è finita; è necessaria un'altra operazione; la lastra è tuttora ricoperta di ioduro d'argento, perciò esponendola alla luce, quel ioduro annerirebbe completamente e tutto il disegno si dileguerebbe, perciò tutte le operazioni fino ad ora descritte devono essere eseguite all'oscuro o tutt'al più alla fioca luce d'una candela; bisogna quindi sbarazzare la lastra da quel ioduro. Si raggiunge l'intento immergendola in una soluzione di iposolfito di soda; questa sostanza ha la proprietà di sciogliere il ioduro d'argento non modificato dalla luce. Soltanto dopo questo bagno si può impunemente esporre la lastra daguerriana anche alla luce più splendente.

Questo sistema presentava parecchi difetti, principalissimo era quello di dover esporre la lastra, per un buon quarto d'ora, all'azione chimica dei raggi luminosi nella camera oscura; l'imagine non poteva essere distintamente veduta, senonchè sotto un dato angolo, in causa della lucentezza della lastra metallica; chi vuol esaminare un'imagine daguerriana deve inclinarla in più modi fino a che a forza di tentativi trova l'inclinazione più conveniente; aggiungi che si

poteva temere che l'imagine perdesse, se non tutto, almeno parte del suo valore, per la lenta e spontanea volatilizzazione del mercurio.

Ciononpertanto il numero degli imitatori di Daguerre andava giornalmente aumentando, dopo lunghi tentativi e replicate esperienze essi poterono rimediare a poco a poco a tutti i difetti sovr'accennati. — L'ottico Carlo Chevalier modificò la struttura dell'obbiettivo per le camere oscure destinate alla fotografia e riescì in tal guisa a riparare al difetto principale della lunga esposizione della lastra nel fuoco della camera oscura; grazie al perfezionamento di Chevalier la durata dell'esposizione fu ridotta a soli tre minuti; periodo che fu ulteriormente ridotto nel 1841 per merito del fotografo francese Claudet, domiciliato a Londra. Sperimentando un gran numero di sostanze, ei riconobbe che il cloruro di iodio applicato alla lastra metallica già iodurata, ne aumenta d'assai la sensibilità sotto l'azione chimica dei raggi luminosi e diminuisce quindi il tempo che convien tenerla esposta alla luce. Posteriormente furono scoperte altre *sostanze acceleratrici* ben più potenti: i vapori di bromo, il bromuro di iodio, il cloruro di solfo, l'acido clorico.

Solo dopo la scoperta di queste sostanze che permettono di ottenere le imagini daguerriane in pochi secondi, si poterono anche fare dei ritratti. Prima d'allora era necessario rimanere immobili per parecchi minuti in faccia all'obbiettivo della camera oscura; quei pochi che si assoggettavano volontariamente a questo nuovo genere di tortura non riescivano a possedere senonchè ritratti pieni di smorfie.

Il compimento della fotografia sul metallo fu la

scoperta, dovuta al fisico francese Fizeau, della proprietà che ha il cloruro d'oro di rendere più vivaci e in pari tempo indelebili, le imagini daguerriane; fino allora l'imagine era oltremodo fuggevole, il mercurio scompariva al più leggero contatto. Fizeau rese indelebile l' imagine versando, sulla superficie della lastra metallica, una soluzione di cloruro d'oro mescolato con iposolfito di soda; riscaldando debolmente la lastra metallica così ricoperta da quella soluzione, tutta la superficie della lastra si veste di una sottilissima vernice d' oro metallico che sottrae il mercurio alle influenze esterne e in pari tempo diminuisce di molto la lucentezza dell' argento nelle parti della lastra rappresentanti le ombre e rende più carica la tinta delle parti più o meno coperte di mercurio, e quindi l'imagine riesce ben più visibile di prima.

Ad onta di tutti questi perfezionamenti la daguerrotipia non poteva dare che un solo ritratto ad ogni operazione. Come si raggiunse quella straordinaria facoltà di riproduzione che in oggi vi permette di avere centinaia dei vostri ritratti dopo aver posato una volta sola e per pochi istanti dinanzi la macchina fotografica? Ciò si ottenne trasportando la fotografia dal metallo alla carta, passando dalla daguerrotipia alla fotografia propriamente detta. Le imagini fotografiche che si ottengono sulla carta sono completamente prive di quell' incomodo riflesso metallico che pur si riscontra, sebbene in piccolo grado, anco nelle imagini daguerriane ottenute col metodo di Fizeau; l' imagine non rimane soltanto alla superficie della carta, ma penetra nei pori di quest' ultima fino a certa profondità, il che le assi-

cura una durata indefinita. Ottenuto il primo esemplare si può da questo ricavarne qualsivoglia numero di perfettissime copie. Aggiungi poi che il mite costo della carta rende la fotografia ben più economica della daguerrotipia la quale, come si è detto, richiede lastre di rame argentato ben più costose della carta.

La fotografia sulla carta è un'invenzione dell'inglese Fox Talbot; i suoi primi tentativi risalgono all'anno 1834, avendoli continuati, con lodevole perseveranza, pel corso di parecchi anni riescì ad ottenere eccellenti prove fotografiche sulla carta. Nel marzo 1839, ei pubblicò nel *Philosophical Magazine*, la particolareggiata descrizione del metodo da lui seguito, al quale ei dava il nome di *Calotipia*. Quest'interessantissima modifidazione passò dapprincipio inosservata, alcuni tentativi riesciti poco felicemente fecero supporre che Talbot avesse tenuta segreta qualche particolarità indispensabile alla buona riuscita e perciò tutto l'entusiasmo degli amatori rimase assorbito ancora per parecchi anni dalla daguerrotipia. La fotografia sulla carta fu apprezzata convenientemente solo a partire dal 1847, grazie alle esperienze fotografiche, eseguite secondo il metodo di Talbot, da un dilettante di Lilla, Blanquat-Èvrard; la daguerrotipia fu detronizzata, la nuova invenzione si diffuse per ogni dove con incredibile rapidità e raggiunse in breve un alto grado di perfezione.

Prima di esporvi il processo pratico della fotografia sulla carta, crediamo opportuno farvi conoscere in cosa consista l'invenzione di Talbot.

I sali d'argento e più particolarmente il cloruro, il bromuro ed il ioduro d'argento sono naturalmente

incolori finchè sono al riparo dalla luce solare, ma esposti a questa luce anneriscono in breve. Da ciò si comprende che una carta preparata coi sali d'argento ed esposta, nella camera oscura, all'azione della luce che attraversa le lenti, annerirà nelle porzioni corrispondenti ai punti più illuminati dell'oggetto esterno, annerirà meno nelle porzioni corrispondenti alle mez tinte e rimarrà bianca nelle porzioni corrispondenti quelle parti dell'oggetto esterno che, trovandosi n l'ombra, riflettono scarsissima luce. Perciò que carta, imbevuta di sali d'argento, dopo d'esser masta per qualche tempo nel fuoco della cam oscura, darà una imagine rovescia, o come di *negativa* (vedi fig. 158), dell'oggetto esterno, i tra più *chiari* dell'oggetto esterno saranno rappresen dai tratti più *oscuri* dell'imagine ottenuta sulla ca fotografica, mentre i *chiari* di questa corrisponder agli *oscuri* dell'oggetto, le gradazioni intermedie r presenteranno le *mezze-tinte*. Questo risultato sarebbe troppo soddisfacente, perchè, come abbi detto, l'imagine così ottenuta è rovescia, ma c'è m di raddrizzarla, di ottenere cioè un'imagine i chi e gli oscuri della quale corrispondano rispettivame ai chiari ed agli oscuri dell' oggetto. Per ottenere questa nuova imagine che dicesi *positiva* (vedi fig. 159), si ricopre con una carta fotografica (ossia imbevuta di sali d'argento) l' imagine negativa già ottenuta e la si espone alla luce solare; avrete già indovinato che le parti più o meno annerite dell'imagine negativa intercetteranno completamente o parzialmente, il passaggio dei raggi luminosi e quindi la sottostante carta fotografica rimarrà completamente bianca in tutti i punti ricoperti dai tratti più oscuri della negativa,

annerirà parzialmente in tutti i punti corrispondenti alle mezze tinte, annerirà completamente nei punti corrispondenti ai bianchi della negativa i quali avranno lasciato passare completamente la luce solare. Que-

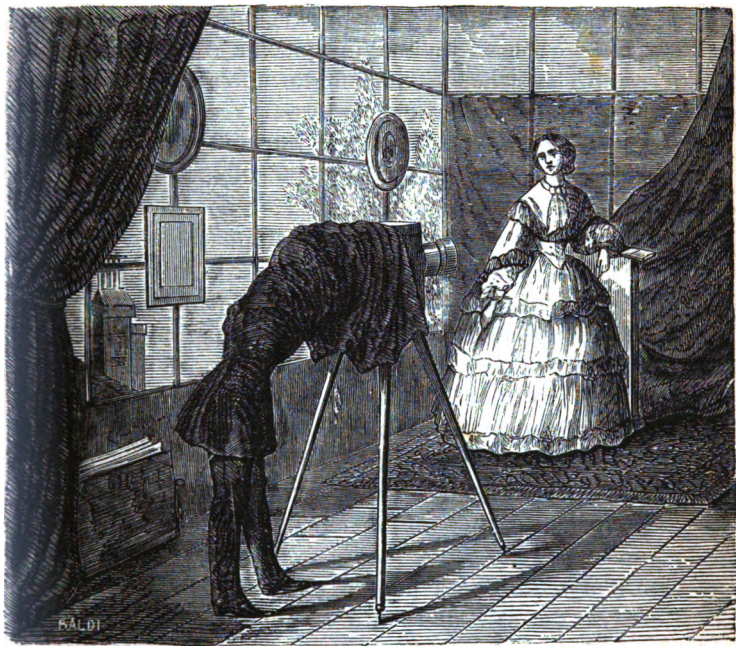



Fig. 157. Posa fotografica.

sta imagine *positiva* risulterà quindi perfettamente conforme alla vera apparenza dell' oggetto dipintosi naturalmente nel fuoco della camera oscura.

Badiamo ora alle operazioni che compie il fotografo: disposta opportunamente la sua camera oscura

ei regola la distanza dell' obbiettivo dalla lastra di vetro smerigliato, che le sta in faccia, in modo che, l'imagine dell'oggetto esterno ch' ei vuol riprodurre abbia il suo fuoco su quella lastra, poi la toglie e sostituisce ad essa un telaio sul quale è teso un foglio di carta imbevuta di ioduro d'argento; allora la luce dipinge sovr' esso un'imagine piccina e rovescia dell' oggetto esterno. Se quel foglio di carta non fosse imbevuto di un sale d'argento, si avrebbe un bel lasciarlo esposto alla luce nell' interno della camera oscura; anche in capo ad un anno lo ritirereste intatto; ma grazie al ioduro, potete, dopo mezzo minuto soltanto, ritirare quel foglio dalla camera oscura e ricavarne l'imagine desiderata: in quei trenta secondi la luce impressionò la carta fotografica e tracciò sovr'essa con misteriosi caratteri un'imagine negativa e piccina dell'oggetto esterno. Quel foglio non presenta invero alcuna imagine, ma immergendolo in una soluzione di *acido gallico*, vedrete manifestarsi a poco a poco, quasi per incanto, una perfetta imagine negativa; quell'acido si combina col ioduro di argento in tutti i punti in cui questo sale fu più o meno modificato dalla luce e forma con esso un *gallato d'argento* che a poco a poco annerisce. Si toglie l' eccesso del sale d'argento lavando quella carta in una soluzione di iposolfito di soda: ed ecco ottenuta la *negativa*. Si adagia questa negativa sopra un foglio di carta imbevuta di cloruro d'argento, si collocano queste due carte fra due lastre di vetro e quindi si espongono per 15 a 20 minuti alla luce diretta del sole; quando il cielo è coperto l'esposizione alla luce diffusa richiede da mezz'ora a sei ore, secondo che la luce è più o meno intensa. Dopo questo tratto di

tempo si è in possesso d'una bella imagine *positiva*, anche questa vuol essere spogliata dal sale d'argento non modificato dalla luce, e perciò è analogamente necessaria la lavatura dell'iposolfito di soda.

Da una sola *negativa* si può ricavare un numero indefinito di *positive;* perciò la negativa è detta dai francesi *clichè*, che vale stampo, matrice.

La natura fibrosa e poco omogenea della pasta della carta, il suo ineguale restringersi con le successive lavature, non permettevano di ottenere imagini con contorni netti e precisi; perciò i fotografi studiarono il modo di sostituire alla carta una sostanza che avesse i suoi pregi e fosse priva dei suoi difetti. Il *vetro* riunisce appunto queste qualità, le imagini fotografiche ottenute sopra lastre di vetro riescono perfettamente nitide e precise. L'importante sostituzione delle lastre di vetro alla carta è dovuta a Niepce di St. Victor, cugino di Niceforo, il fondatore della fotografia. - Per ottenere imagini fotografiche sopra lastre di vetro si coprono queste ultime con un leggero strato di *albumina* liquida, ossia col chiaro di uovo battuto a neve e lasciato riposare, il quale vien predisposto alle operazioni fotografiche aggiungendovi una certa quantità di ioduro di potassio. Si lascia seccare questo strato d'albumina mista a ioduro, il quale forma, sulla lastra di vetro, un intonaco liscio e trasparente. Quando il fotografo vuol operare, ei tuffa quella lastra di vetro entro ad una soluzione di nitrato d'argento. L'azione del ioduro, già unito all'albumina, sul nitrato d'argento, produce — per una doppia combinazione chimica — una certa quantità di ioduro d'argento: è questo l'agente fotografico, cioè la materia che deve ricevere l'impressione dei raggi luminosi.

Dopo d'aver preparata a questo modo la sua lastra di vetro, il fotografo la colloca nel fuoco della camera oscura ed opera poscia sulla lastra nel modo superiormente indicato per la fotografia sulla carta. Ottenuta sul vetro l'imagine *negativa*, la si trasporta sulla carta, procedendo in modo analogo a quello su-

Fig. 158. Saggio di prova negativa.

periormente indicato, e così si ottengono successivamente sulla carta quante *positive* si desiderano. Così non prenderete abbaglio quando udrete parlare di *fotografia sul vetro*; questa è precisamente quella quotidianamente impiegata ad ottenere le *prove negative* che poi servono a produrre sulla carta i ritratti fotografici (*prove positive*).

All'albumina si sostituì, fin dal 1851, un'altra sostanza, il *collodio*. Il collodio accelera straordinariamente l'azione chimica dei raggi luminosi sui preparati d'argento; grazie al collodio, bastano 8 a 10 secondi, d'esposizione della lastra nel fuoco della camera oscura, per ottenere le desiderate imagini

Fig. 159. Saggio di prova positiva.

negative. Perciò appunto i fotografi, quando voglion fare dei ritratti preferiscono generalmente il collodio all'albumina, poichè il primo permette di render minimo il periodo d'immobilità di chi posa per farsi ritrarre.

Scegliendo opportunamente ed in debite proporzioni alcuni preparati d'argento, si può comunicare tale

sensibilità alla lastra di vetro collodionata, da ricavarne *prove istantanee*, si può così fissare la volubile imagine delle nubi spinte dal vento, d'una vettura trascinata da veloce destriero e si può persino raccogliere l'imagine d'una locomotiva slanciata a rapida corsa.

L'impiego del collodio presentava un inconveniente; questa sostanza divien secca in pochi minuti e perde allora la sua squisita sensibilità fotografica, il che non permetteva di farne uso ai fotografi che operano lontani dal loro gabinetto; si rimedia a quest'inconveniente ricoprendo la pellicola di collodio con un sottile strato d'albumina, per tal modo le lastre disseccate si mantengono sensibili anche per parecchi mesi e possono quindi essere utilmente impiegate anche dai fotografi paesaggisti che operano in aperta campagna.

L'applicazione del collodio all'arte fotografica è dovuta ai signori Archer di Londra e Le Gray di Parigi che la resero di pubblica ragione nel 1851.

Il campo della fotografia non si arresta alla riproduzione di ritratti e di paesaggi, ma giornalmente estendendosi, diviene efficacissimo sussidio sì alle scienze, come alle arti. Giova qui riferire le savie parole che il prof. Borlinetto pronunciava dalla cattedra di chimica della Società d' Incoraggiamento di Padova:

« Con la fotografia, l'astronomia prende le imagini dei corpi celesti nelle loro diverse fasi, ne studia la potenza attinica, ed aggiunge così una nuova cognizione sulla loro natura. La meteorologia si vale della fotografia a registrare le variazioni del barometro e del termometro e quelle dell'ago calamitato, per cui

ci dispensa da un'assidua osservazione e dall'impiego di altri istrumenti automatici il più delle volte non molto perfetti. La storia naturale approfitta della fotografia nel riprodurre gli oggetti minuti ingranditi dal microscopio, e per l'imagine di enti rari e difficili a trasportarsi, ma de' quali è utile la cognizione nello studio specialmente della mineralogia e della geologia. L'anatomia può colla fotografia avere la rappresentazione di parti dell'organismo, che difficilmente possono conservarsi e che per la troppa complicazione e minutezza non possono disegnarsi a mano. Molte volte in questo caso la scienza si appaga d'un presso a poco, in causa delle modificazioni continue provate dai pezzi anatomici per le variazioni di temperatura, di luce e di stato igrometrico dell'aria, ma la fotografia fissa invece per sempre lo stato reale in cui si trovano i corpi in certe condizioni di calore di luce e di umidità. Un analogo vantaggio può ritrarre la chirurgia. Si è pure fatta la rappresentazione fotografica dei varii tipi della razza umana con tutte le varietà dell'anatomia del corpo sotto le diverse latitudini. L'archeologia può ritrarre grandissimo profitto da quest'arte riproducendo con tutta fedeltà chirografi rari ed importanti, statue, medaglie, tutti quei monumenti che possono spargere grandissima luce sulla storia. La geodesia e l'arte militare possono impiegare la fotografia nel rilievo de' piani delle fortificazioni o di un campo nemico dall'alto di un aerostata. Le spedizioni militari in paesi lontani, sarà bene che quindi innanzi siano accompagnate da un certo numero di fotografi. Il generale di Montauban, in un suo rapporto sopra la presa di Pekino, esprimeva il dispiacere di non aver avuto seco lui

dei fotografi per fissare le imagini delle meraviglie che riempivano il palazzo d'estate dell'imperatore della Cina, meraviglie che vennero dopo distrutte dalle fiamme.

« Quale avvenire non è riservato alla fotografia quando sarà passata definitivamente nel dominio della litografia?

« L'illustre defunto prof. Trettennero mi diceva un

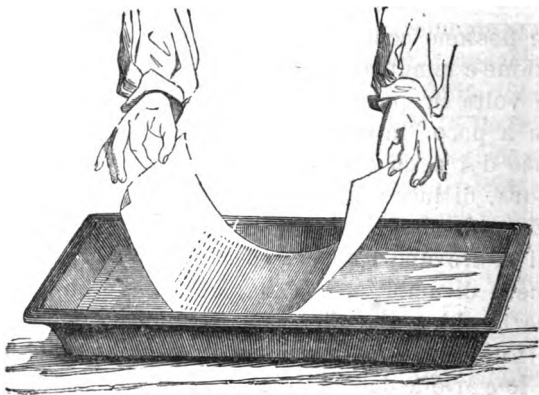



Fig. 160. Immersione della carta nel bagno di ioduro d'argento.

giorno, parlando della fotografia, che sarebbe venuto un tempo in cui quest'arte s'insegnerebbe nelle scuole come s'insegna attualmente il disegno. Io non dubito punto che deve avverarsi il detto del celebre astronomo. »

Per quanto accurata sia la tiratura delle positive, riesce però ben difficile il togliere dalla pasta della carta fotografica, tutti i sali d'argento di cui essa rimase imbevuta, riesce quindi assai difficile il ga-

rantirla dall'azione degli agenti atmosferici che più o meno lentamente ne determinano la distruzione.

E ben dice l'egregio prof. Borlinetto, che il grande avvenire della fotografia è riserbato all'epoca in cui questa entrerà nel dominio della litografia, cioè quando nella tiratura delle prove positive, si avrà sostituito l'argento col carbone, coll'inchiostro da stampa. L'utilità industriale della fotografia sarà allora raggiunta tanto dal lato della durata quanto da quello dell'economia.

Fizeaux, Beuvière, Niepce de S. Victor, Lemaitre, Talbot, proposero nuovi metodi per ottenere l'incisione eliografica, tutti ingegnosi tanto nel rispetto scientifico, quanto rispetto alle manipolazioni e combinazioni suggerite; ma nessuno di essi corrispose al vero scopo che si ha in mira. — Le migliori prove furono ottenute dal sig. Poitevin, al quale, fino dall'aprile 1867, fu concesso, dalla *Società francese di fotografia*, un premio di 8000 franchi, pei pregiati suoi lavori.

L'incisione eliografica ed i metodi diversi per ottenere la fotografia all'inchiostro da stampa, sebben lentamente, progrediscono sempre. — Facciamo voti perchè anche in questa lotta la scienza riesca a trionfare sugli ostacoli fino ad ora opposti dalla natura.

LO STEREOSCOPIO

Perchè due figure si confondono in una sola? — Perchè non vediam doppii gli oggetti? — Perchè non udiamo doppii i suoni? — Imagini diverse vedute separatamente dai due occhi. — La sovrapposizione delle due imagini produce in noi la sensazione del rilievo. — Come guardano i monocoli. — Congetture di Euclide e di Galileo intorno alla visione binoculare. — Disegni stereoscopici di G. B. Porta e di Jacopo Chimenti. — Lo *stereoscopio a riflessione* di Wheatstone; suoi inconvenienti. — Lo *stereoscopio a rifrazione* di Brewster; freddezza degli Inglesi, entusiasmo dei francesi; diffusione dello stereoscopio. — Teoria dello stereoscopio a rifrazione. — Come si ottengano le imagini stereoscopiche.

La massima parte dei nostri lettori conosce certamente quel grazioso e semplice strumento, detto *stereoscopio* (dal greco *stereos* solido, *scopeo* vedo) mercè il quale due figure piane, ben poco diverse l'una dall'altra, si sovrappongono in modo da formarne una sola dotata del più perfetto rilievo: la pittura si trasforma in scultura; — dopo d'aver esaminate con questo strumento le più singolari opere della natura e dell'arte, mirabilmente riprodotte dalla fotografia, nasce generalmente il desiderio di rendersi conto della strana trasformazione prodotta dallo stereoscopio, come mai quelle due figure non ne formano che una sola?

La sorpresa crescerà ancora quando udrete che quello stesso fenomeno di due vedute che divengono

una sola dinanzi ai vostri occhi vi succede tutti i giorni, ad ogni istante, ogni qualvolta guardate un oggetto qualsiasi. Vi sembra strano, eh? non ve ne siete mai accorti? — Lo credo anch'io. Ben pochi pensano alle cose comuni nè credono necessario rendersene conto. Quanti e quanti non si troverebbero imbarazzati nel rispondere a domande semplicissime: come avendo due occhi non vediam doppii tutti gli oggetti? « perchè (1) non udiam doppii i suoni sebbene abbiamo due orecchie e come mai toccando una palla con le cinque dita non sentiamo cinque palle? Senza internarci in argomenti sì delicati che qui sarebbe fuori di posto, diremo soltanto che quantunque usando gli occhi nel modo ordinario, gli oggetti appariscano semplici, non è per altro impossibile che ci appariscano doppii. Se per esempio mentre guardate un oggetto, mettete un dito sulla palpebra superiore di un occhio, e premete il bulbo leggermente verso il basso. quell'oggetto comparirà doppio. Il veder semplice dipende adunque anche dal modo con cui guardiamo solitamente gli oggetti: e ne è una riprova il fatto che quando uno, o per certe infermità o per ubbriacchezza, o per estrema agitazione dell'animo, ha gli occhi stravolti, egli vede doppio. In pari modo, sebbene toccando con due dita una pallina nel modo solito, ne sentiamo una sola, pure se accavalliamo il dito medio all'indice, e poi tocchiamo, proviamo con meraviglia la sensazione di due palline.

« Quantunque i due occhi ci dieno una sensazione semplice, non bisogna credere che un occhio solo ci

(1) Vedi Ambrosoli, *Fisica*, pag. 588 e seguenti.

renderebbe gli stessi servigi. Innanzi tutto è pienamente accertato che con due occhi si vede *più chiaro* che con uno solo. Inoltre ognuno sa che di un medesimo oggetto si veggono certe parti o certe altre, secondo il posto dal quale stiamo a riguardarlo; cosicchè se per esempio, due persone stanno davanti ad un albero, ma l'una a dritta e l'altra a sinistra, quegli che è a dritta vedrà certe parti del lato dritto dell'albero le quali non sono vedute dall'altro, e viceversa questi vedrà certe parti del lato sinistro che sono invisibili al suo compagno. Ora, questa differenza degli aspetti che un medesimo corpo presenta a due riguardanti, deve necessariamente riscontrarsi anche per rispetto ai due occhi, sebbene in grado minore; perocchè anche i due occhi veggono un oggetto da due posti diversi. Ciascuno dei due vedrà certe parti dell'oggetto che sfuggirebbero all'altro. » — Una facile esperienza che può essere eseguita da tutti ve ne renderà pienamente convinti. Tenete la mano sinistra ritta in piedi a breve distanza dagli occhi, disponendola in guisa che il pollice e l'indice nascondano tutte le altre dita. Chiudete allora l'occhio sinistro e vedrete il palmo della mano; riaprendo quest'occhio e chiudendo l'altro, vedrete invece il dorso della mano; tenendoli aperti tutti e due vedrete di bel nuovo il pollice e l' indice e null' altro. — Ricevendo contemporaneamente l' impressione che l' oggetto fa separatamente sui due occhi, abbiamo il vantaggio di vedere gli oggetti da due punti di vista ad un tratto; è, ad un dipresso, come se potessimo provare in un sol tempo le sensazioni che provano separatamente i due risguardanti dianzi imaginati.

« Nonostante il fin qui detto è incontrastabile che

l'occhio, meraviglioso strumento com'è, pure *da solo* ci darebbe notizie molto imperfette delle cose che ne circondano. Ma fin dalla prima infanzia noi impariamo senza avvedercene a verificare per mezzo degli altri sensi ciò che gli occhi ci mostrano. Il fanciullo si appressa a tutto, tocca tutto; e così a poco a poco si fa una raccolta di regole per giudicare — da ciò che pare alla vista — ciò che è nel fatto, come le distanze, le grandezze, le forme degli oggetti. E queste regole ci si rendono, per la continua pratica, talmente famigliari, che vedere e giudicare diventano una medesima cosa; sicchè alla fine crediamo di veder gli oggetti come li giudichiamo, sebbène in realtà li vediamo quasi sempre diversi. Così, per esempio, crediamo di *vedere* che un uomo lontano è della grandezza naturale, crediamo di *vedere* che un campanile lontano è più alto di un uomo; ma il vero è che li vediamo stranamente minori del vero, e che nondimeno li giudichiamo rettamente, perchè *sappiamo* che quell'apparente piccolezza è un effetto della grande distanza. — Sembrerà a taluno incredibile che la mente possa pigliare un tanta prontezza a desumere dalle impressioni del senso un giudizio che molte volte è contrario alle impressioni medesime. Ma non abbiamo noi forse altri esempi di questa inconcepibile rapidità della mente? Imparare una lingua straniera non è forse imparare a congiungere certi concetti con certi suoni ai quali nella nostra lingua non si attacca verun concetto, o talvolta anzi si attaccano concetti molto diversi? Chi impara che in francese *rhume* vuol dire *raffreddore*, impara una correzione che egli dovrà fare all'impressione dei proprii sensi ogni qualvolta udrà parlare un fran-

cese: e per qualche tempo ei si accorge di farla, questa correzione. Ma alla fine la cosa e la parola gli si congiungono siffattamente nella memoria, che l'una richiama subito l'altra, senza che si frapponga, o per lo meno senza che paia frapporsi, alcuna operazione mentale. E così, nel caso nostro, è certissimo che dapprincipio per non creder piccini gli oggetti lontani bisognerà che la mente nostra faccia una correzione a ciò che le indica il senso: ma alla fine l'abitudine arriva a segno che la correzione o non è più necessaria, o noi, per lo meno, non ci avvediamo di farla. »

« Ciò che si è detto della grandezza apparente degli oggetti potrebbe manifestamente ripetersi rispetto alla vivezza del lume, alla nettezza dei contorni, ai movimenti e infine a tutto ciò che l'occhio può scorgere negli oggetti. In tutte queste cose è certissimo che noi giudichiamo quasi sempre diversamente da quel che l'occhio ci suggerisce; ma l'abitudine è tale che crediamo di giudicare come esso ci suggerisce. »

È dunque per effetto d'abitudine che le imagini, alquanto diverse l'una dall'altra, che si formano in ciascuno dei nostri occhi, formano in noi un'imagine sola dotata del rilievo proprio dei corpi che si hanno sott'occhio. — A persuadervi viemaggiormente che la sensazione del rilievo è un effetto della contemporanea visione coi due occhi, vi faremo presente che tale sensazione riesce tanto più incerta quanto più lontani sono gli oggetti osservati; e così deve essere, poichè quanto più è distante l'oggetto che si osserva, tanto meno sensibile è la differenza fra l'imagine che si forma nell'occhio destro e l'imagine che

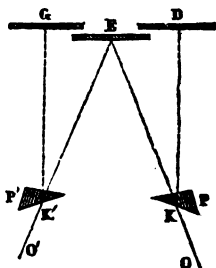
si forma nell'occhio sinistro; quando l'oggetto è lontanissimo, come ad esempio è la luna, non c'è differenza alcuna fra le imagini che si formano nei due occhi, manca quindi l'elemento che ci procura la sensazione del rilievo, e la luna ci sembra un disco piano sebbene effettivamente essa sia un globo irto di scoscese montagne.

Voi mi farete adesso un'obbiezione, ch'è venuta in mente già a molti altri. Se ci vogliono queste due operazioni dei due occhi per vedere, com'è che i monocoli, che i guerci percepiscono i rilievi, apprezzano le distanze e gli effetti di prospettiva a un bel circa come quelli che godono di tutti due gli occhi? In questo caso, bisogna tener conto prima di tutto dell'esercizio degli altri sensi e di una lunga abitudine. E poi, badate bene che quando un individuo privo di un occhio guarda un oggetto lontano, la direzione del suo sguardo, la posizione della sua testa variano continuamente senza ch'ei se n'accorga; il suo sforzo è doppio del nostro; egli cerca istintivamente di ottenere sulla sua unica retina diverse imagini destinate a supplire alle due imagini naturali delle due retine. Questo movimento è per altro tanto rapido che la seconda imagine si forma innanzi della scomparsa della prima, e dalla loro esistenza simultanea risulta la estimazione della distanza con la percezione del rilievo.

La invenzione moderna dello stereoscopio non è che una applicazione di questa teoria delle due imagini necessarie a formare il rilievo; e inversamente lo stereoscopio è una nuova riprova della verità di questa teoria.

Già il celebre geometra greco Euclide (che profes-

sava le matematiche nella scuola d'Alessandria d'Egitto, circa 280 anni prima dell'êra volgare) ed il medico greco Galieno (che viveva a Roma intorno all'anno 170 dopo l' êra volgare) avevano congetturato che l'accoppiamento delle due imagini dissimili ricevute nei due occhi dà la sensazione del rilievo.

Giambattista Porta, quel nostro fisico di cui ci occorre incontrare il nome fra i precursori di ogni grande scoperta, ebbe idee abbastanza precise sul

[Fig. 161. Andamento dei raggi luminosi nello stereoscopio a rifrazione.

soggetto che ci occupa. Porta lasciò un disegno talmente completo e talmente esatto, delle due diverse imagini, quali son vedute separatamente da ciascun occhio, e dall'imagine combinata che viene a formarsi per la sovrapposizione di quelle due imagini separate, che si può ben dire esser quello un vero disegno stereoscopico e ben a ragione si può attribuire a Porta il merito di quest'ingegnosa invenzione. In un *trattato d'ottica* pubblicato ad Anversa nel 1613, Francesco Aiguillon rammenta che G. B. Porta conobbe la visione binoculare di imagini distinte.

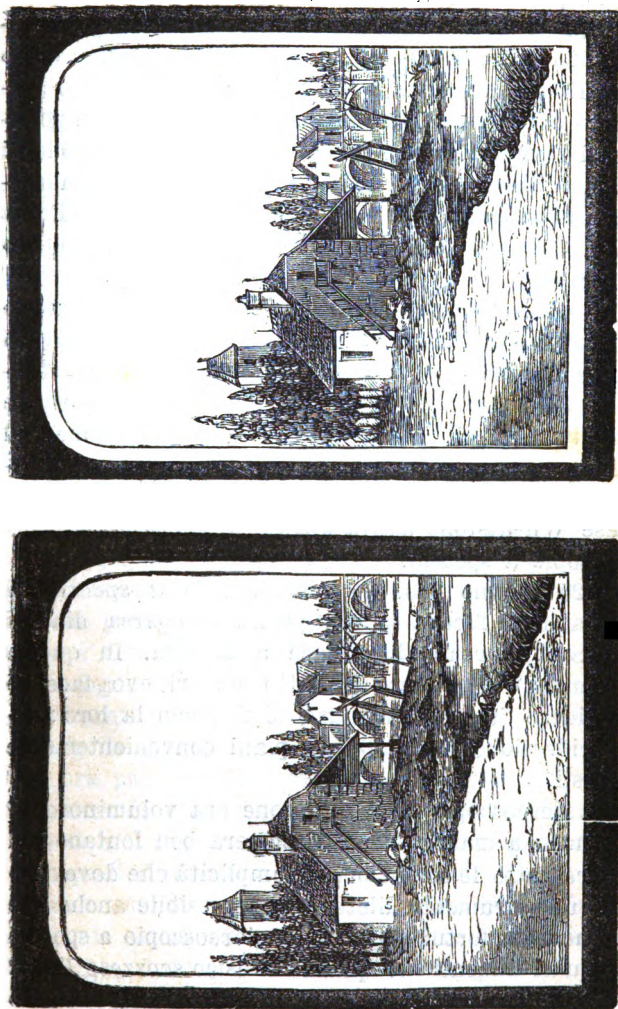



Fig. 162. Imagini stereoscopiche.

In questi ultimi anni si rinvennero, nel museo Wicar di Lilla, due disegni eseguiti da Jacopo Chimenti da Empoli, pittore della scuola fiorentina (nato nel 1554, morto nel 1640), nei quali uno stesso oggetto è rappresentato da due punti di vista un po' diversi l'uno dall'altro, precisamente come nei moderni disegni stereoscopici, allo scopo di produrre un'imagine in rilievo; però non è accertato che il Porta ed il Chimenti abbiano effettivamente costrutto uno stereoscopio.

Il primo concetto realmente formulato in questo argomento è dovuto ad un fisico scozzese, Elliot, il quale fin dal 1834 si propose di costruire uno strumento destinato a far vedere simultaneamente due imagini diverse, atte a produrre la sensazione del rilievo; però egli mandò ad effetto il suo proponimento solo nel 1839 quando cioè l'illustre fisico inglese Wheatstone aveva già fatto conoscere lo stereoscopio a specchi.

Il 25 giugno 1838 lo *stereoscopio a specchi* di Wheatstone faceva la sua prima comparsa dinanzi alla Società reale di scienze a Londra. In questo istrumento si produce l'effetto del rilievo facendo coincidere due imagini quasi simili, con la loro mutua riflessione sopra specchi piani convenientemente disposti.

Lo stereoscopio di Wheatstone era voluminoso ed incomodo a maneggiarsi, perciò era ben lontano dal riunire tutte le condizioni di semplicità che dovevano farne uno strumento dilettevole, accessibile anche alle più modeste fortune, perciò lo stereoscopio a specchi era quasi dimenticato quando il fisico scozzese *David Brewster* costrusse nel 1844 un nuovo stereoscopio

nel quale la riunione delle due imagini è invece ottenuta mercè la *rifrazione*, come diremo fra breve. Anche questo nuovo stereoscopio, sebbene semplicissimo e mirabile negli effetti ottici che fornisce, avrebbe subita la medesima sorte del primo se l' inventore non avesse messa in opera tutta la sua perseveranza per divulgarlo. Pel corso di sei anni, fu inutile ogni suo tentativo inteso a trionfare dell'ignoranza e del malvolere degli ottici e dei fotografi inglesi che rifiutavansi di fabbricare lo strumento e le vedute stereoscopiche; disperando di raggiungere l' intento in Inghilterra, ei si recò a Parigi nel 1850. Questa città che, incontestabilmente, è la distributrice della gloria e della fortuna, divenne entusiasta dell'invenzione di Brewster. Lo stereoscopio fu popolare in Francia un anno prima che attirasse l' attenzione dell'Inghilterra, più intenta alle invenzioni utili che alle piacevoli. L' esposizione universale tenutasi a Londra nel 1851, consacrò il successo e da allora la fabbricazione degli stereoscopii e delle vedute stereoscopiche prese uno slancio straordinario, lo stereoscopio è divenuto una suppellettile quasi indispensabile in ogni casa, esso fornisce uno dei più piacevoli divertimenti e può essere in pari tempo impiegato come facile mezzo di istruzione.

Ed ora passiamo finalmente ad esporvi la teoria che serve di base allo *stereoscopio a rifrazione*. Sieno G e D (fig. 161) due imagini d'uno stesso oggetto, quali si vedrebbero osservandole separatamente con un occhio solo, l' una è l' imagine che si forma nell'occhio sinistro, l'altra è l' imagine che si forma nell' occhio destro. Consideriamo due punti G e D di queste due imagini e poniamo due prismi di cri-

stallo P' P sul tragitto dei raggi luminosi che partono da quei due punti. I raggi luminosi che attraversano i due prismi, si rifrangono e proseguono l'uno nella direzione K' O' l'altro nella direzione K O; perciò un osservatore tenendo lo strumento a poca distanza dagli occhi, vede le imagini (1) di G e di D nella direzione di O' K' ed O K; per tal modo, se l'angolo dei due prismi e la loro distanza dalle imagini G e D sono convenientemente calcolate, quelle due imagini si sovrappongono in E e ci danno la sensazione del rilievo.

Per rispondere a questa condizione, i due prismi devono essere rigorosamente eguali e devono deviare i raggi luminosi, sotto l'identico angolo. Brewster risolvette felicemente queste difficoltà, sostituendo ai due prismi le due metà M M (fig. 163) di una stessa lente biconvessa nella quale si tagliano due nuove lenti simetriche. L' L che si pongono all' estremità dei due tubi.

Resta ora a descriversi la struttura dello stereoscopio. Come vedete nella fig. 164, esso è una semplice scatola: in una delle sue pareti fu praticata un' apertura che si chiude colla finestra mobile F. L'interno di questa finestra è coperto di stagno ben levigato e forma una specie di riflettore. Si introducono i disegni pella fessura AB. I due fori LL racchiudono le lenti prismatiche; nei stereoscopii perfezionati le lenti L L sono applicate entro a tubi, analogamente alle lenti oculari dei cannocchiali da teatro e così l' osservatore può spingerle innanzi o indietro per adattarle alla vista come appunto si fa

(1) Vedi in proposito quanto si è detto a pag. 353, fig. 120.

colle lenti del cannocchiale. Le lenti ideate da Brewster, oltre al deviare e sovrapporre le imagini, servono pure ad amplificarle; altro vantaggio che lo stereoscopio di Brewster ha sopra quello di Wheatstone.

Finalmente il disegno 162 (a pag. 465) può darvi un'idea delle *imagini stereoscopiche.* Sono due vedute del medesimo paesaggio, che differiscono pochissimo l'una dall'altra. Esse rappresentano quel paesaggio, come l'osservatore lo vedrebbe guardandolo alternatamente con l'occhio destro e con l'occhio sinistro. Poste nello stereoscopio, si riuniscono sulla retina in

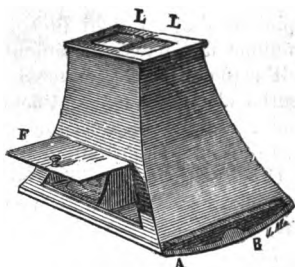
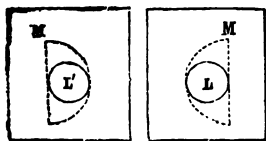



Fig. 163. Lente biconvessa. Fig. 164. Stereoscopio di Brewster.

una imagine unica, grazie alle due lenti, e ci danno così l'effetto del rilievo.

E come si ottengono queste doppie imagini? Con la fotografia. Si prendono successivamente alla stessa distanza e sotto angoli eguali di alcuni gradi a destra e di alcuni gradi a sinistra, con una stessa camera oscura, due imagini del paesaggio, monumento, bassorilievo, statua od altro che si vuol ritrarre. Le imagini fotografiche, ottenute con la massima facilità sul metallo, sul vetro o sulla carta, producono nello stereoscopio magici effetti che hanno aperta una nuova êra alle applicazioni della fotografia.

I POZZI MODENESI [1]

I.

Opinione degli antichi filosofi intorno all'origine dei fiumi; opinione di Cartesio; opinione dei moderni. — L'evaporazione dell'acqua marina produce le *nebbie* e le *nubi* che spinte dai venti cadono poi sui continenti sotto forma di pioggia, di neve o di grandine. — Costituzione della crosta terrestre. — Permeabilità del suolo; fiumi soterranei; il *Recca*, la *Guadiana*, il *Ceder-Creeck;* il *Timavo*. — Sorgenti d'acqua dolce in mezzo al mare; la sorgente del Golfo della Spezia.

La circolazione delle acque alla superficie della Terra è certo uno dei più imponenti fenomeni della natura: già da migliaia di secoli innumerevoli sorgenti versano continuamente enormi masse d'acqua nei torrenti e nei fiumi e questi le portano al mare senza che mai venga a mancar loro l'alimento sebbene esse si trovino — per la massima parte — sulle falde dei monti a grande distanza dalle coste marine.

Aristotile e gli altri antichi filosofi della sua scuola, i quali amavano più i ragionamenti astratti e le ipo-

(1) Per la compilazione di quest'articolo abbiam consultata la *Guide du Sondeur* di Degousée et Laurent. Paris, Garnier, 1861.

tesi ardite anzichè le accurate osservazioni e le assidue esperienze, ammettevano che l'acqua si formà nell'interno del suolo in virtù del celebre principio della tramutazione dei corpi, tanto accarezzato dagli alchimisti. Ammettevano adunque che l'aria penetrando sotterra, vi si condensasse e tramutasse in acqua; restava a spiegare il movimento ascensionale di quest'acqua, arduo quesito per quei tempi, ma quei filosofi non ebbero alcuna fatica a risolverlo; l'acqua — dicevano — ascende dalle profondità della Terra fin sulle falde dei monti, a notevole altezza sulle acque dell'Oceano, in virtù d'una causa occulta o in altri termini l'acqua sale perchè ha la virtù ascensionale!

Questa spiegazione fu accolta favorevolmente e fu generalmente accettata finchè Cartesio ne pubblicò un'altra, meno imperfetta ma tuttavia ben lontana dal vero; le acque marine, diceva Cartesio, penetrano per condotti sotterranei fino ai piedi delle montagne, di là vengon spinte dal calore terrestre che le solleva, purificandole, fino alle sorgenti che sgorgano dai loro fianchi e formano i torrenti ed i fiumi.

Ma anche l'ipotesi di Cartesio dovette cadere quando i progressi delle scienze d'osservazione permisero ai fisici di stabilire, in modo incontrastabile, la vera origine dei fiumi. L'enorme superficie dei mari e degli oceani svolge continuamente, sotto l'azione del calor solare, un'ingente quantità di *vapori invisibili* i quali attesa la loro leggerezza — rispetto al peso dell'aria che ci circonda — salgono e si mantengono nell'atmosfera finchè incontrano strati d'aria dotati d'egual leggerezza. Ogni più lieve diminuzione di temperatura trasforma quei vapori invisibili in *nebbie* o *vapori visibili* e *nubi,* queste, spinte dai venti, si librano

anche sui continenti, sui quali cadono poi in forma di pioggia, di neve o di grandine. Esatte esperienze comprovano che la quantità d'acqua che in tal guisa cade annualmente sulla superficie dei continenti, compensa largamente quella che i torrenti ed i fiumi riconducono al mare. L'eccedenza è assorbita dalla Terra la cui superficie è generalmente formata da una serie di strati di terre permeabili, l'acqua discende finchè trova materie permeabili, come sarebbero le sabbie e le ghiaie, si arresta quando incontra materie impermeabili, quali le argille e le rocce molto compatte e — a seconda dei casi — forma sotterra laghi e fiumi sotterranei che per ignote vie portano al mare il loro tributo.

Senza addentrarci nella descrizione geologica del nostro pianeta, dobbiamo però avvertire che la sua corteccia è composta da una lunga serie di strati sovrapposti formati dai sedimenti delle acque che innondarono a più riprese le superfici dei continenti. In epoche da noi molto remote quei strati erano orizzontali paralleli e continui, ma le rivoluzioni interne che più volte sconvolsero la corteccia solida del nostro pianeta, incurvarono e fecero screpolare, in più punti, la massima parte di quei strati, i quali perciò assunsero svariatissime forme; qua avvallaronsi formando bacini, là si innalzarono formando colline, si comportarono analogamente ad un grosso cartone, formato dalla sovrapposizione di molti fogli piani, che venisse contemporaneamente spinto sui due lati.

La giacitura e la conformazione dei varii strati componenti la crosta della Terra rendono conto non solo di tutte le varietà di sorgenti, di ruscelli, di rigagnoli, di torrenti, di fiumi che solcano la superficie

del nostro pianeta, ma ben anco di alcuni singolari fenomeni che agli antichi filosofi sembrarono inesplicabili: non tutti i fiumi corrono alla luce del sole, molte volte le acque dei fiumi vengono assorbite dalla permeabilità delle terre e delle rocce originando veri fiumi sotterranei i quali poi, per ignote vie recansi al mare. Il fiume *Recca* scompare in una caverna poco discosta da Adelsberg (Illiria); in Ispagna, la *Guadiana* si perde in terreno piano in mezzo ad una prateria; nella Virginia (America Settentrionale) il torrente *Ceder-Creeck* si inabissa entro ad una galleria naturale profonda 90 metri.

Alcune volte i fiumi sotterranei ricompaiono alla luce del giorno prima di scariscarsi nel mare, come è il caso del celebre *Timavo* che ha la sorgente e la foce sulla costa dell'Adriatico, nel Golfo di Trieste, in prossimità a S. Giovanni di Duino; ma nel maggior numero dei casi, questi fiumi versano in mare le loro acque per ignote vie.

Ancor più singolari potranno sembrarvi alcune sorgenti *d'acqua dolce* che sgorgano *in mezzo al mare*, come ad esempio è quella che zampilla nell'incantevole Golfo della Spezia. Questa sorgente, mirabilmente descritta dal nostro Spallanzani, trovasi a 50 metri circa dalla costa, forma alla superficie del mare una piccola prominenza di 25 metri di diametro, alta da 3 a 4 centimetri nel suo punto centrale. Nell'Oceano indiano, a 150 chilometri dalla costa, alcuni ufficiali inglesi avvertirono la presenza d'un'abbondante sorgente d'acqua dolce. Questi ed altri innumerevoli esempii che potremmo citare provano chiaramente che le acque cadute sui continenti non si recano sempre al mare direttamente e alla luce del sole.

ma infiltrandosi nelle terre possono giungere a grandissime distanze purchè lo strato permeabile si trovi interposto fra due strati impermeabili che non lascino fuggir l'acqua.

II.

Condizioni indispensabili per la buona riuscita d'un pozzo forato; — strato acquifero interposto fra due strati impermeabili. — Pozzi forati presso i cinesi e gli egiziani. — I pozzi forati del modenese descritti dal Vallisnieri e dal Corradi. — Lo stemma della città di Modena. — Pozzi *artesiani* fatti conoscere in Francia da G. D. Cassini. — Progressi nell'arte di forar pozzi. — Il pozzo forato di Grenelle a Parigi.

L'uomo seppe trar partito dalla disposizione degli strati del suolo; ei riconobbe che, in determinate circostanze, avrebbe potuto ottenere un abbondantissimo getto d'acqua perforando il suolo fino a raggiungere lo strato permeabile. Egli inventò i pozzi, che noi diciamo *modenesi*, mercè i quali regioni deserte e prive d'acqua possono riceverne in abbondanza, inospiti lande possono tramutarsi in ridenti campagne.

Questi pozzi, che fuori d'Italia son detti *artesiani*, sono canali scavati verticalmente nel terreno, mercè i quali le acque sotterranee possono — qualora le condizioni sieno favorevoli — salire naturalmente fino alla superficie del suolo e talvolta anche zampillare a grandi altezze.

Per comprendere quali sieno le condizioni indispensabili per la buona riuscita d'un pozzo modenese, esaminiamo la fig. 165 nella quale son rappresentati varii strati di terre quali si vedrebbero

praticando in un terreno un ampio e profondo taglio verticale.

Come facilmente si scorge, la nostra figura contiene due ordini di strati, l'uno orizzontale, l'altro inclinato: gli strati orizzontali sono di formazione più recente degli altri, gli strati inclinati erano anch'essi orizzontali ma furono sollevati dagli sconvolgimenti interni della Terra. Supponiamo ora che lo strato *b c d* sia formato di sostanze impermeabili all'acqua, come è ad esempio l'argilla, che lo strato che gli sovrasta sia composto di ghiaie o sabbie, ossia di sostanze permeabilissime all'acqua e che, su quest'ultimo strato se ne trovi uno di sostanze impermeabili. Tutte le acque sì di pioggia come provenienti dallo scioglimento di nevi che cadranno alla superficie del suolo sul terreno circostante allo strato permeabile verranno da esso assorbite, ei non potrà smaltirle perchè è circondato da terreni impermeabili, perciò tutti gli interstizii dello strato permeabile andranno impiendosi d'acqua e, dopo un certo tratto di tempo, tutto lo spazio permeabile sarà ripieno d'acqua fino alla sua massima altezza. Ecco adunque che forando tutti i terreni che ricoprono lo strato permeabile, cui per la quantità d'acqua che tien prigioniera, diremo *acquifero,* l'acqua ascenderà lungo quel foro, e, per una ben nota legge fisica (detta dei *tubi comunicanti:* quando uno stesso liquido occupa più tubi comunicanti, la superficie libera del liquido si mantiene in tutti quei tubi allo stesso livello) dovrà arrivare alla stessa altezza cui giunge nello strato permeabile. E se questo si troverà essere più alto della sommità del foro, l'acqua ne sgorgherà zampillando.

Come i nostri lettori ben comprenderanno, la fig. 165 che abbiam loro presentata non mostra il caso che più frequentemente si incontra nella pratica: essa è disegnata a quella guisa, per far comprendere con maggior facilità il motivo di sì interessante fenomeno. Effettivamente, non s' incontra che ben di rado un bacino chiuso e così nettamente conformato; ma il più delle volte il bacino è di forme irregolari, è tagliato qua e là, è interrotto da mille accidenti di

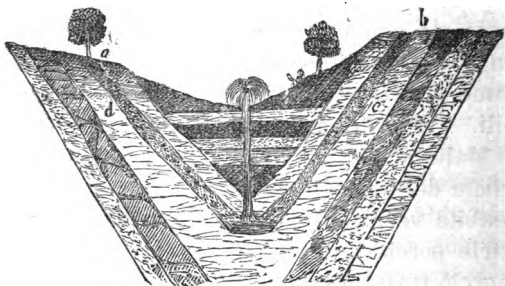



Fig. 165. Sezione ideale nella corteccia terrestre; — condizioni necessarie per l'esistènza d' un pozzo modenese.

terreno, e qualche fessura laterale lascia, in parte, sfuggir l'acqua; da ciò tutto risulta, che l'acqua non si alza mai a tutta l' altezza che le verrebbe assegnata dalla teoria. A diminuire siffatta altezza concorre pure l' attrito della colonna d' acqua, che sta salendo, contro le pareti del canale irregolarmente forato in mezzo alle terre.

I cinesi che sembrano aver conosciute, se non tutte, almeno molte delle invenzioni per le quali noi europei meniamo tanto vanto, conobbero e praticarono in epoche remotissime la foratura dei pozzi mo-

denesi. Dicesi che nella sola provincia di Outong-kiao, in un tratto di terreno lungo dieci leghe e largo quattro, vi sieno più di diecimila pozzi di questo genere, alcuno dei quali giungerebbe perfino alla profondità di tremila piedi. Noi però non ci facciamo garanti dell' esattezza di queste cifre, a vero dire straordinarie.

Un viaggiatore inglese, il dott. Griffith, che percorse più volte i deserti egiziani, assicura che scavando nella sabbia si incontra a poca profondità uno strato di roccia, di tenue spessore sotto al quale l'acqua è mantenuta prigioniera; perforando quella roccia, l'acqua zampilla tosto alla superficie.

La Siria e l'Egitto posseggono moltissime sorgenti ottenute a questa guisa, e la maggior parte delle *oasi* dell'antica catena libica, devono la loro origine a pozzi forati 4000 anni or sono.

Spetta a noi italiani il vanto d'aver praticati pei primi in Europa quei pozzi forati; che ora impropriamente si dicono *artesiani*, perchè in Francia si scavarono per la prima volta nell'Artois; ma che invero dovrebbonsi chiamare *modenesi*, perchè effettivamente furono forati prima che altrove nel 1479 nelle vicinanze di Modena, ove le condizioni geologiche del suolo sono così descritte dal Vallisnieri (1):

« Ha questo di particolare non solamente questa città (Modena), ma gran parte de' borghi suoi, e de' campi e delle terre, specialmente verso Bologna, che in qualunque sito si cavi il terreno alla profondità di 63 piedi romani, si trova uno strato, come un pavimento di dura creta, che bucato con un *certo trapano* lungo sei piedi, sbocca di repente dal-

(1) *Raccolta di opere diverse*, Venezia 1715.

l'apertura fatta con tale e tanto empito l'acqua compressa e stivata in quelle angustie, che arriva in un batter d'occhio, torbida sulle prime e rigogliosa, fino alla sommità del pozzo, indi schizza e trabocca da' margini del medesimo, e sparpagliandosi d'intorno forma all'aria sfogata una fonte che manchezza non conosce. »

Un altro autore, il Corradi (1), così si esprime:

« Per ottenere uno dei nostri fonti di Modena si scava a piombo 40 a 45 piedi bolognesi or più, or meno, stante l'ineguaglianza del suolo. Giunti a'l' opportuna profondità trovasi la terra un po' umida e tenera, e sotto questa alle volte per essere sparsa, si trova la sabbia. Ivi giunti non più si cava, ma forasi con una *certa trivella* che fora sempre per mezzo alla sabbia. Alcuna volta trovasi ghiaia, ma grossa tanto che sopra di essa urtando la trivella, non può forarsi pozzo, ma allora bisogna con una grossa guccia di ferro temperata, battendovi sopra con mazza, o smuoverla o infrangerla, e far strada all'acqua con passare gl'intoppi mediante la medesima guccia di ferro profondata a colpi, quanti ne abbisognano di grave mazza. »

Che tale invenzione torni ad onore del modenese risulta anche dal trovarsi dipinte nello stemma del comune di Modena due trivelle, simili a quelle che i fontanieri adoperano per forare questo genere di pozzi, con sopra scritto il motto *Avia, pervia*, nella spiegazione del quale non bisogna delirare coi più, ma dire *avia fiunt pervia* (2)

(1) *Lettere al Ramazzini intorno a fonti modenesi*, Soliani, 1691.

(2) Rambelli, *Lettere intorno invenzioni e scoperte italiane*, Modena 1844, pag. 123.

Sembra che la prima notizia intorno ai pozzi modenesi sia stata recata in Francia dal celebre nostro astronomo Gian Domenico Cassini chiamato a Parigi sotto il regno di Luigi XIV.

L'arte di forar pozzi con mezzi meccanici (ossia senza far discendere gli operai in fondo allo scavo) era però ancor bambina, solo nel nostro secolo essa potè raggiungere un alto grado di perfezione mercè i progressi combinati delle scienze e delle arti; si apersero pozzi artesiani di profondità fino allora inaudite, si migliorarono gradatamente i rozzi strumenti che avevano servito ai primi lavori di questo genere; l'umile trivella adoperata dai nostri avi si è convertita in uno strumento ammirabile, atto a raggiungere gli scopi più svariati; il suo gambo misura gigantesche dimensioni, parecchie centinaia di metri! a forza di ingegno e di perseveranza si potè manovrare un gambo sì smisurato e giovarsene per limare o tagliar tubi di metallo, nel fondo del foro, formar viti, raccogliere utensili perduti, compiere a parecchie centinaia di metri di distanza, in fondo a un foro di pochi centimetri di diametro molti di quei complicati lavori che il fabbro eseguisce direttamente sulla sua incudine!

La perforazione si compie mercè un trapano od uno scalpello che corrode la roccia sottostante ora con un movimento rotatorio come quello degli ordinarii succhielli che si internano nel legno, ora con un movimento di percussione analogo a quello che si comunica agli stampi da mina. La roccia corrosa in uno di questi due modi è ridotta in minutissimi frammenti, questi vengono estratti, con un secchio di speciale struttura il cui fondo è conformato a

valvola così disposta che, quando il secchio è vuoto, essa si apre sotto la pressione di quei frammenti e si mantien chiusa finchè i medesimi vi rimangono. Il gambo del trapano o trivella può essere considerato come il manico d' un gigantesco utensile lungo parecchie centinaia di metri, provveduto successivamente, alla sua estremità inferiore, coi singoli attrezzi che devono eseguire il lavoro, mosso e diretto superiormente dagli operai.

Il più noto forse fra i pozzi artesiani è quello detto di *Grenelle* nell' interno di Parigi, la cui foratura incominciò il 29 novembre 1833. Nel 1835 il lavoro era bene inoltrato, raggiungeva la profondità di duecentotrenta metri, quando lo strumento di ferro con cui praticavasi il foro si ruppe e cadde in fondo al pozzo. Ogni tentativo per estrarnelo rimase infruttuoso. Ciò recava non poco danno, poichè quel pezzo di ferro impediva un ulteriore approfondamento; fu quindi mestieri tagliarlo in piccoli pezzi che di mano in mano venivano estratti. Figuratevi quanta abilità, quanta costanza ci volle per raggiungere questo scopo, essendo necessario far agire a sì grande profondità lo scalpello e la lima: basti il dirvi che questo ingrato lavoro consumò quattordici mesi. Si ripigliò quindi la foratura che al 26 febbraio 1841 misurava 547^{m} 50 al disotto del suolo e 511^{m} 00 al disotto del livello del mare; il quel giorno alfine, gli sforzi perseveranti di chi dirigeva il lavoro si trovarono coronati da uno splendido esito; poichè un notevole corpo d'acqua fattosi strada lungo quel profondo canale, scaturì dalle regioni sotterranee e comparve alla luce del giorno.

Nel corso di ventiquattr' ore esso getta seicento

mila litri d'acqua limpidissima, la cui temperatura, come era previsto dagli scienziati, è sempre superiore a quella della nostra atmosfera, quell'acqua sotter-

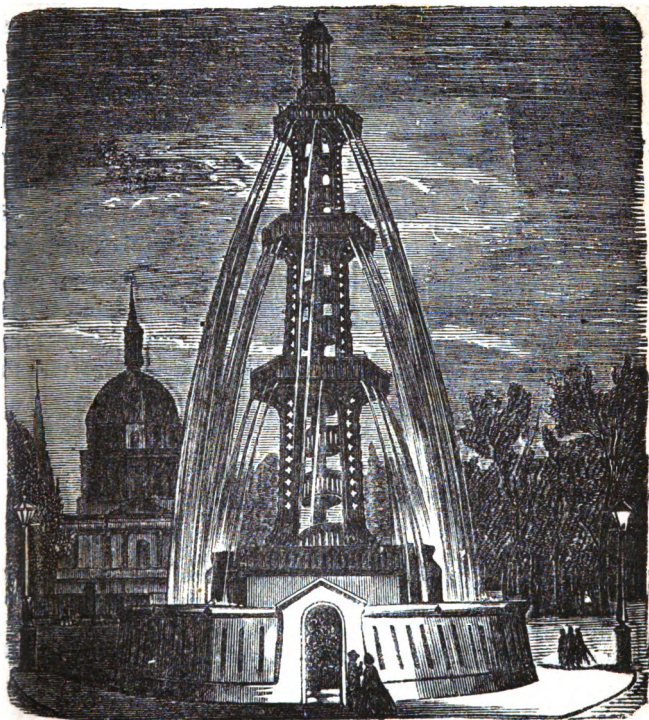



Fig. 166. La fonte artesiana detta di Grenelle.

ranea segna costantemente 28 gradi del termometro centigrado.

L'altezza del getto mantiensi sempre a trentasei

metri dal livello del suolo e quindi a 72^m, 50 sul livello del mare.

Un'elegante colonna monumentale di ferro fuso riceve nel suo interno quel getto d'acqua e lo lascia cadere al suolo in graziose cascate come vedesi nella figura 166.

Il diametro del foro, che al livello del suolo misura 51 centimetri, va gradatamente restringendosi verso il fondo ove ha il diametro di soli 12 centimetri.

Altri pozzi ancora più profondi furono escavati dopo quello di Grenelle: ciò non pertanto quest'ultimo resterà memorabile nella storia dell'arte, come ebbe a dire lord Brougham visitandolo, non tanto per l'arte del foratore che pure fu veramente meravigliosa, quanto per la perseveranza con cui fu condotto a termine.

III.

Temperatura delle acque dei pozzi modenesi. — La corteccia del nostro pianeta. — Temperature crescenti all'aumentare della profondità. — Fluidità interna della Terra. — Le sorgenti termali. — I terremoti. — I vulcani. — Le valvole di sicurezza del nostro pianeta.

Resta ora a dirvi per qual motivo l'acqua zampillante del pozzo di Grenelle, come quella che sgorga da altri pozzi artesiani molto profondi, è dotata d'alta temperatura.

La Terra che noi abitiamo, ben lungi dall'essere una massa solida e compatta come si crede dal volgo,

è all'incontro una massa per la maggior parte composta di materie liquide dotate di altissima temperatura, in grazia della quale esse mantengonsi costantemente allo stato di fusione; questa gran massa fusa e ricoperta da una corteccia, relativamente molto sottile (di grossezza variabile dai 20 ai 60 chilometri, mentre il diametro della Terra ne misura ben 12,700). — Il paragone che avrete udito ripetere le molte volte della Terra con un arancio gioverà anche a fornirvi un'idea della sottigliezza di questo involucro solido che circonda e riveste il nostro globo, paragonata coll'immensa quantità di materia fluida da esso racchiusa. La più sottile corteccia d'un arancio è, relativamente, ben più grossa della corteccia solida del nostro globo; e la materia carnosa dell'arancio può rappresentare la materia fluida ed incandescente che costituisce la massima parte della Terra.

La fluidità interna del nostro pianeta è messa fuori di dubbio dagli scienziati moderni, i quali fra i varii argomenti che servono di fondamento a questa teoria, citano anche il seguente che può essere compreso da tutti.

L'esperienza giornaliera dimostra che nei pozzi molto profondi, come sono ad esempio quelli delle miniere, la temperatura cresce quanto più si discende ovverosia quanto più ci avviciniamo al centro della Terra. Ad ogni 30 metri di profondità la temperatura aumenta di un grado del termometro centigrado. Or dunque, le acque dei pozzi artesiani molto profondi, scaturendo da regioni ben più calde della superficie terrestre, devono possedere temperatura tanto più elevata quanto più grande è la profondità da cui

sgorgano. Le sorgenti calde o termali che riescono tanto vantaggiose nella cura di molte malattie sono appunto acque penetrate a grandi profondità, che per la conformazione speciale dei terreni possono risalire alla superficie del globo. Le virtù salutari che possedono sono dovute ai principii minerali che esse tengono in soluzione, dei quali poterono impregnarsi, anco in grazia della loro elevata temperatura, mentre attraversavano sotterra strati composti di quei minerali.

Dalla legge testè accennata dell'aumento di temperatura proporzionale alla discesa verso il centro della Terra, risulta che si troverebbe la temperatura dell'acqua bollente, qualora fosse possibile discendere in un pozzo profondo soltanto 3 chilometri. Scendendo a profondità ancor maggiori si troverebbero analogamente temperature sempre più alte; a circa 7 chilometri si fonderebbe lo stagno, a 10 si liqueferebbe il piombo, a poco più di 30 il rame e l' argento diverrebbero liquidi, e dopo altri 3 chilometri di discesa l'oro stesso sarebbe fuso; e così via per modo che a maggiori profondità ben poche sostanze potrebbero durare allo stato solido. Alla profondità di 150 chilometri non vi sarebbero più sostanze solide, poichè la temperatura corrispondente supererebbe al certo i 4000 gradi e nessuna sostanza conosciuta rimane solida a temperatura sì elevata.

Abbiam detto che l'interno della Terra è fluido e non già soltanto liquido, come da alcuni si ripete; le altissime temperature che si riscontrano a grandi profondità valgono senza dubbio a fondere alcune sostanze ed a volatilizzarne molte altre trasformandole in gas ed in vapori. Per effetto delle enormi

pressioni cui si trovano sottoposti, e gli uni e gli altri sono molto costipati, e, tendendo naturalmente ad espandersi, reagiscono con gran forza sulla corteccia solida del nostro pianeta, dando origine a sollevamenti di terreni, a *terremoti.* Quando poi la forza espansiva dei gas rompe la corteccia, le materie fluide vengono alla superficie della Terra; allora succede un'*eruzione vulcanica;* allora giungono alla superficie le materie liquefatte e sollevansi nell'aria dense colonne di gas e di vapori. I vulcani risparmiano alla superficie della Terra molti cataclismi che senza quei liberi sfoghi, si rinnoverebbero certamente con grande frequenza; e ben a ragione i vulcani furono chiamati: *le valvole di sicurezza del nostro pianeta.*

GLI OROLOGI

I.

Il sole e le stelle. — I gnomoni o gli orologi solari. — La Clessidra. — Clessidra perfezionata da Clesibio. — Il trionfo di Pompeo. — L'orologio a sabbia. — I primi orologi sui campanili di Milano. — Quello di Padova. — Galileo e la lampada del duomo di Pisa. — Il pendolo. — Ragioni dell'oscillazione. — Huyghens inventa la molla a spira. — I cronometri.

Quando gli uomini abbandonando la vita selvaggia ed errante incominciarono a costituirsi in società, a formarsi un metodo di vita, non tardarono ad accorgersi che in moltissimi casi sarebbe stato utilissimo poter disporre d'un apparato col cui mezzo misurare il tempo. — Prima di avere appositi istrumenti gli uomini si valsero senza dubbio dell'osservazione del sole e delle stelle. Dal posto occupato durante il giorno dall'astro

Che mena dritto altrui per ogni calle,

e da qualche stella fra le più brillanti durante la notte, determinavano alla bell'e meglio il tempo trascorso fra due osservazioni successive.

Fin dalla più remota antichità si riconobbe che l'estensione e la direzione delle ombre prodotte dai

corpi illuminati dalla luce solare, variano nelle diverse ore del giorno, è quindi naturale il supporre che fin dai tempi più antichi l'uomo si sia giovato di questa osservazione per costruire i primi *orologi solari*. Uno *stilo* o *gnomone* piantato verticalmente in terreno piano ed orizzontale produce un'ombra tanto più corta quanto più il sole è elevato sull'orizzonte, perciò nelle ore del mattino l'ombra dello stilo deve gradatamente accorciarsi; nelle ore successive al mezzodì il sole va continuamente abbassandosi verso l'orizzonte e perciò l'ombra dello stilo deve continuamente allungarsi, l'istante in cui l'ombra dello stilo è minima corrisponde al *mezzodì vero* del luogo in cui è piantato lo stilo, dividendo in eguali intervalli lo spazio percorso dalla sommità dello stilo fra il levare ed il tramontare del sole si ebbe una prima ed imperfetta *misura del tempo;* questa misura era molto imperfetta poichè la durata del giorno varia continuamente (come è ben noto i giorni *crescono* dal solstizio d'inverno — intorno al 21 dicembre — fino al solstizio d'estate — intorna al 21 giugno — e quindi *scemano* fino al ritorno del solstizio invernale) e quindi anche quegli intervalli riescivano ben diversi nelle diverse stagioni.

Col progredire delle scienze ed in particolare dell'astronomia si poterono costruire orologi o quadranti solari ben più perfetti i quali indicavano costantemente le stesse frazioni della giornata in tutti i giorni dell'anno. Senza entrare in particolari diremo soltanto che nei quadranti solari disegnati sopra parete verticale, lo *stilo* deve essere piantato obbliquamente in modo da formare col piano dell'orizzonte un angolo eguale alla latitudine del luogo o, ciò che

torna lo stesso, deve formare con la parete verticale un angolo eguale alla differenza fra questa latitudine e 90 gradi; quindi a Milano, la cui latitudine è di 45° 28′ lo stilo deve formare, con la parete verticale, un angolo di 44° 32′; a Palermo la cui latitudine è di 38° 7′ l'angolo dello stilo con la parete verticale dev'essere di 51° 53′.

Per quanto narra Plinio, il primo quadrante solare sarebbe stato collocato a Roma 306 avanti l'êra volgare; narra il medesimo che nelle ricche famiglie greche e romane eravi uno schiavo specialmente incaricato di andare ad osservare e quindi riferire, di quando in quando, l'ora indicata dal quadrante solare stabilito sulle pubbliche piazze; l'ora ottenuta a questo modo poteva bastare agli usi ordinarii della vita ma non poteva certamente servire ad alcuna ricerca scientifica, aggiungi poi che tanto di notte quanto durante le giornate nuvolose il quadrante solare non può fornire indicazione alcuna. Ciò stimolò gli uomini a rintracciare qualche mezzo per ottenere la misura del tempo in ogni luogo, anche a cielo nuvoloso ed in qualunque ora del giorno o della notte.

I più antichi strumenti costrutti per misurare il tempo furono le *clessidre* od orologi ad acqua; è ignoto il nome e l'epoca in cui visse l'inventore, ma è certo che le prime clessidre risalgono a parecchi secoli prima dell'êra volgare.

Il principio su cui fondasi la costruzione di tali orologi è il seguente: quantità eguali di liquido fluiscono da un vaso in tempi eguali, finchè il livello dell'acqua in esso contenuta, rimane invariabile. Ecco dunque che si potrà sempre misurare il tempo, rac-

cogliendo e quindi misurando il volume d'acqua sgorgato dal vaso. — La clessidra semplice di cui vi diamo il disegno (fig. 167), è una vasca che riceve l'acqua da una fonte o da un serbatoio collocato superiormente; verso il fondo di questa vasca è praticato un picciol foro dal quale fluisce l'acqua, che, misurata con recipienti di nota capacità, fornisce la misura del tempo; onde poi l'acqua si mantenga in essa sempre alla stessa altezza, deve entrarvi una

Fig. 167. Clessidra semplice.

quantità d'acqua maggiore di quella che ne esce, e l'acqua soprabbondante deve avere libero sfogo per un canaletto aperto lateralmente verso l'orlo superiore. A risparmiare la fatica e l'incomodo di misurare di volta in volta il volume d'acqua sgorgato, si pensò di trasmettere il movimente dell'acqua ad una lancetta destinata a muoversi circolarmente sopra un quadrante graduato; alla superficie dell'acqua contenuta nel serbatoio sottoposto alla vasca, nuota a tale scopo un galleggiante raccomandato ad un filo che si avvolge intorno all'asse della lancetta; un contrappeso che equilibra esattamente il peso del

galleggiunte è raccomandato all' altro capo del filo. Quando il liquido, di mano in mano salendo, fa ascendere il galleggiante, il contrappeso discende e la lancetta è obbligata ad un movimento corrispondente. — Narra la storia che dugentocinquant' anni prima dell' êra volgare, *Clesibio* d' Alessandria fece costruire una clessidra perfezionata che a quei tempi veniva ammirata e lodata molto. Sembra che questo strumento abbia ricevuto poscia importanti perfezionamenti; poichè quando Pompeo entrò in Roma, 62 anni avanti l'êra volgare, trionfante d' Antioco e di Mitridate, il più ammirato fra i molti trofei delle sue vittorie, fu una clessidra perfezionata ch'egli aveva tolta ad un re d'Asia (figura 168).

Fig. 168. Clessidra perfezionata.

Uno strumento pure d' uso antichissimo, destinato alla misura del tempo è l'*orologio a sabbia* (fig. 169), che anco al presente è adoperato dalle buone mas-

saie per regolare alcune faccende domestiche e dai marinai per la misura della velocità del bastimento (più precisamente per determinare la velocità del *loch* o *barchetta*). L'orologio a sabbia si compone di due bottiglie di vetro col collo molto stretto, saldate l'una sull'altra. Una di esse, per fissare le idee supponiamo che sia la bottiglia inferiore, contiene sabbia finissima; capovolgendo lo strumento, la sabbia tende al basso e perciò discende a poco a poco nell'altro vaso, impiegando a tale scopo un tempo preventivamente determinato, che riesce tanto maggiore quanto più il collo delle bottiglie è sottile e quanta maggior copia di sabbia esse contengono.

Queste invenzioni erano semplici, ben lontane ancora dal complicato meccanismo che usiamo oggi; eppure, lo credereste? prima che l'Europa invasa dai barbari ed immersa nelle tenebre dell'ignoranza si familiarizzasse con queste invenzioni, scorsero dei secoli parecchi. Nel decimo secolo, la corte di Carlomogno rimaneva stupefatta alla vista d'una clessidra che il califfo Harun-al-Raschid gli inviava in dono. I monaci del medio evo non avevano altra norma per recitare le loro preghiere notturne che l'osservazione delle stelle, ed in molti conventi l'ora della preghiera mattutina era data dal canto del gallo.

Il primo orologio del genere di quelli che si usano anco al presente sulle torri, e di cui faccia menzione la storia, venne collocato nel 1306 sul campanile di S. Eustorgio qui in Milano, come ne fa fede il cronista Galvaneo Fiamma; tale orologio però non suonava le ore, mentre per tale proprietà venne altamente lodato quello fatto porre nel 1328 da Azzo

Visconti sulla torre della chiesa di S. Gottardo, come rilevasi dalle cronache del Fiamma suddetto e del Muratori. Nel 1344 Ubertino Carrara signore di Padova, fece costruire un'orologio veramente ammirabile per quei tempi, che vedesi ancora in quella città nella piazza dei Signori (Attualmente dell'*Unità d'Italia*), il quale oltre alle ore segna pure il giorno del mese, le fasi della luna, il segno dello zodiaco in

Fig. 169. Orologio a sabbia.

cui trovasi il sole, ed altre indicazioni astronomiche.

Le città italiane andarono a gara nel costruire orologi complicati a indicazioni molteplici; tutti questi ingegnosi apparati non presentavano però precisione sufficiente; si sentiva il bisogno di un mezzo atto a regolarne il movimento. — Anche questa non piccola gloria era riserbata al nostro grande Galileo. Giovane ancora, nel 1582 e quindi all' età di diciott'anni, ei trovavasi nel duomo di Pisa; un sagrestano aveva mossa allora allora una lampada sospesa ad una lunga fune (1). Questo fatto tanto comune e tanto

(1) Nel duomo di Pisa, si conserva religiosamente la lampada a cui la tradizione attribuisce la scoperta dell'oscilla-

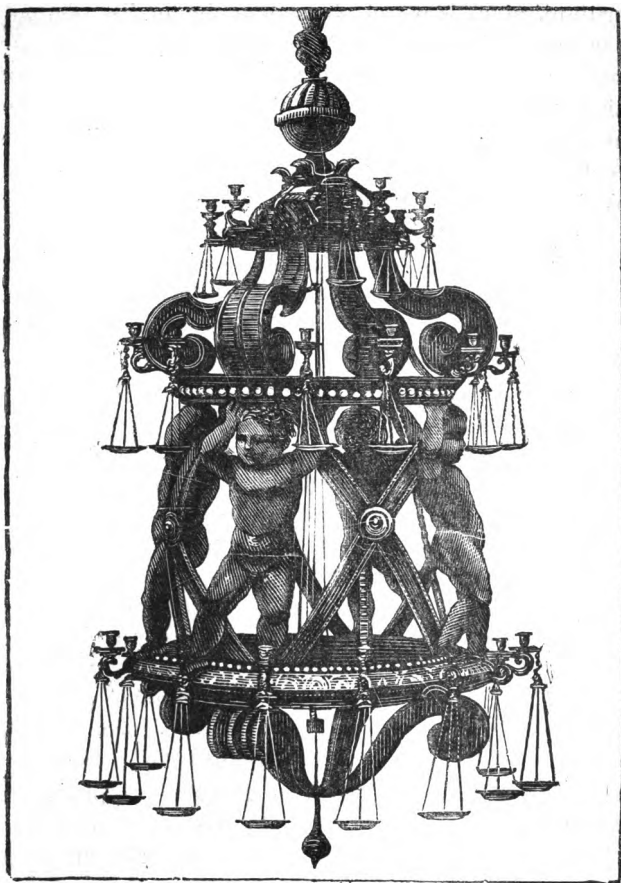



Fig. 170. La lampada di Galileo nel duomo di Pisa.

volgare in apparenza, bastò a fargli concepire una

zione del pendolo, fatta da Galileo (1532). Ve ne presentiamo
il disegno (fig. 170) tolto dalla fotografia·

brillantissima idea; ei si accorse che quella lampada per mettersi in quiete dopo l'urto ricevuto, si moveva in un breve arco di cerchio percorrendo spazii di mano in mano più piccoli, e con moto di mano in mano più lento, per modo che gli archi diversi erano percorsi tutti in tempi eguali; della qual cosa ei si convinse, paragonando la durata d'una oscillazione della lampada col battere del polso. Traendo profitto da questa osservazione Galileo costruì dei *pendoli* di varia lunghezza e ne studiò attentamente le oscillazioni.

Fig. 171. Pendolo.

Un *pendolo* (fig. 171) si costruisce ben facilmente bastando raccomandare un corpo pesante all'estremità d'un filo o d'una verghetta e sospenderne l'altra estremità ad un punto fisso. Allora, in virtù del proprio peso, il pendolo piglia la posizione verticale; spostandolo, lo si vede muoversi lungo un arco di cerchio, ed il suo movimento farsi successivamente più lento. Per qual motivo ei si muove? qual causa lo obbliga poi ad arrestarsi? — Si muove, perchè è attratto verso la Terra, come tutti i corpi che diciamo pesanti; ed essendo trattenuto dalla verghetta non può cadere, ma soltanto giungere al punto più basso possibile pur rimanendo vincolato alla verghetta. In virtù poi della *legge d' inerzia*, un corpo in movimento non può arrestarsi da sè: e per tal motivo il pendolo continua a muoversi e sale descrivendo un altro arco di cerchio. Egualmente l'animale che corre, non può fermarsi improvvisamente ma per la legge d'inerzia è obbligato a fare alcuni passi

prima di arrestarsi. — Ma torniamo al pendolo. Questo sale, discende e risale: sale, per effetto della velocità acquistata nella discesa, fino al punto in cui, in virtù del proprio peso, ossia dell'attrazione terrestre, è obbligato a discendere di bel nuovo, per poi risalire dall'altra parte in grazia della velocità riacquistata durante la discesa. Questa specie di movimento è detta *oscillazione;* e l'oscillazione continua finchè il pendolo non incontra un ostacolo che lo arresti. Ed infatti ei si arresta: perchè l'aria, quel corpo leggerissimo, elastico e talmente trasparente che sembra quasi non esistere, è pure un corpo che oppone un ostacolo: ostacolo consimile, benchè assai minore, a quello che incontra una barca muovendosi in acqua tranquilla. Ad ogni salita e ad ogni discesa, il pendolo scaccia l'aria dinanzi a sè per occuparne successivamente il posto; l'urto continuo del pendolo con l'aria circostante spegne a poco a poco la velocità di cui esso è animato; a ciò concorre pure la resistenza od *attrito*, che succede nel punto di sospensione, fra il filo o la verghetta del pendolo ed il punto fisso. Per queste due ragioni le oscillazioni del pendolo (e ciò si può dire di un corpo qualunque che fate oscillare; si rallentano gradatamente, finchè cessano del tutto; volendo imprimergli di bel nuovo il movimento, occorre dargli un nuovo urto.

Tali considerazioni occuparono lungamente l'attenzione di Galileo che sulle prime pensò soltanto ad applicare il pendolo alla medicina, alla quale ei dedicossi in gioventù. Costruì un pendolo di lunghezza variabile onde averne oscillazioni di maggiore o minor durata (la durata d'un'oscillazione aumenta o diminuisce, secondo l'aumentare o il diminuire della lun-

ghezza del pendolo) per accordarle con quelle del polso ed aver quindi un' esatta misura della durata delle pulsazioni. — Molti anni dopo, gli venne in mente che le oscillazioni del pendolo dovean giovare alla costruzione degli orologi. A lui bastò indicarne teoricamente i vantaggi; un illustre scienziato olandese, Cristiano Huygens (già menzionato a pag. 342), tradusse in atto il suo pensiero. A Huygens si deve inoltre un' invenzione di non minore importanza: ideò la *molla a spira,* in sostituzione dei pesi esclusivamente adoperati fino allora, per mettere in movimento gli orologi. Si poterono quindi costruire orologi da torre molto esatti, orologi da tavolo, ed orologi tascabili.

Nel 1657 Huygens inviò agli Stati generali d'Olanda la descrizione d' un orologio destinato a misurare il tempo con tutta esattezza, il motore di quest'orologio era la molla a spira ed il pendolo serviva a regolarne il movimento.

Con successivi miglioramenti, l'arte della costruzione degli orologi giunse a grande perfezione. I moderni *cronometri* (che in greco vale, misuratori del tempo) lasciano ben poco a desiderare, non solo nelle continue applicazioni che ne facciamo quotidianamente negli usi civili, ma benanco nelle esatte osservazioni scientifiche e nautiche per le quali questi preziosi strumenti sono d' immensa utilità.

Premessi questi cenni intorno all'origine degli orologi, daremo ora una breve descrizione di questi importantissimi congegni.

II.

Descrizione degli orologi a pendolo: Come si carica l' orologio. — Le ruote dentate ed i rocchetti; il ritegno o scappamento ad àncora. — Trasformazione d'un moto accelerato in moto uniforme. — Le lancette d'un oriuolo non si muovono con moto continuo ma a brevissimi intervalli. — Influenza della temperatura nella regolarità del movimento. — Pendoli compensatori, a graticola ed a mercurio. — Pendoli con lente mobile.

Gli orologi, come tutti sanno, possono essere di varie specie: da torre, da muro, da tavolo e da tasca.

Tanto gli orologi da torre, quelli cioè che fanno bella mostra di sè nei campanili od in altri pubblici edifizii, quanto gli orologi murali son messi in movimento dalla discesa d'un peso. Il meccanismo di questi orologi è rappresentato dalle fig. 172 e 173. La prima mostra il meccanismo di fianco, la seconda ne presenta il prospetto; le lettere comuni ad entrambe le figure indicano uno stesso organo dell'orologio. Il peso A è attaccato all'estremità d'una fune avvolta a più riprese sul cilindro B girevole intorno ad asse orizzontale la cui estremità sinistra (fig. 172) di forma quadrangolare, è destinata a ricevere la *chiave*, colla quale *si carica* l'orologio, si obbliga cioè il cilindro a muoversi in direzione opposta a quella che gli imprime la discesa del peso e il peso vien così sollevato fino al punto più alto della sua corsa. È chiaro che il peso A tenderà a discendere continuamente e perciò

la fune andrà gradatamente svolgendosi dal cilindro e questi sarà obbligato a girare sul proprio asse. Ora si tratta di utilizzare la discesa del peso A e la conseguente rotazione del cilindro B per mettere in movimento le lancette dell'orologio; si raggiunge lo scopo mercè un ingegnoso sistema di *ruote dentate* ossia ruote il contorno delle quali è tutto formato a sporgenze, o *denti*, e rientranze. La prima ruota dentata, segnata con C, è fissata sull'asse del cilindro B ed è così costrutta (vedi fig. 173) che segue il movimento rotatorio del cilindro determinato dalla discesa del peso, mentre invece rimane immobile quando si carica l'orologio. I denti della ruota C *ingranano*, ovvero penetrano negli incavi esistenti nel contorno d'un'altra ruota di minor diametro, detta anche *rocchetto*, indicata con D (fig. 173). Sull'asse di questo rocchetto è impernata una seconda ruota dentata E che ingrana nei denti del secondo rocchetto F, questi ha l'asse comune con una terza ruota dentata G la quale ingrana col terzo rocchetto H e questi è analogamente impernato sopra un asse che porta una ruota dentata K, la quale finalmente ingrana i suoi denti con quelli del rocchetto L sull'asse del quale è fissata la ruota dentata M, e questa, come fra breve diremo, mette in movimento le *lancette* dell'orologio. Con la disposizione di cose fin qui accennata il peso A, come qualsiasi altro grave cadente, scenderebbe ben presto con velocità ognor crescente; e quindi imprimerebbe un mòto sempre più rapido alle varie ruote dentate e quindi anche alle lancette dell'orologio; noi invece vogliamo che queste si muovano di *moto uniforme* vogliamo cioè che le lancette *percorrano spazii eguali in tempi eguali*, che ad esempio la

lancetta dei minuti faccia un giro completo in un'ora, che quella delle ore faccia lo stesso giro in un periodo di tempo dodici volte maggiore. Ecco dunque presentarsi la necessità d'un congegno che serva a rendere il movimento uniforme e regolare. Perciò è necessario interrompere a brevissimi intervalli di tempo, eguali fra loro, la discesa del peso motore. Il *pendolo* di cui abbiamo già tenuta parola serve opportunamente a tale ufficio, ed ecco in qual modo: l'ultima ruota dentata M è abbracciata lateralmente da un pezzo N N foggiato in modo analogo alle áncore delle navi e che perciò appunto dicesi *ritegno* o *scappamento ad áncora;* quest'áncora pende da un asse orizzontale O dalla cui estremità destra (fig. 172) si stacca una verghetta S che termina con un breve braccio orizzontale T. Entro a questo braccio T è praticato un foro per dar passaggio alla verga U U del pendolo, sospeso all'orologio mercè due sottili molle d'acciaio X X; la verga U U si prolunga inferiormente ben più di quanto è indicato dalla figura e termina con la *lente* V. Quando il pendolo è immobile, entrambi i denti N N dell'áncora incontrano, l'uno a destra e l'altro a sinistra, i denti della ruota M e le impediscono di muoversi; poniamo ora che il pendolo sia in movimento, allora, grazie alla struttura dei due denti dell'áncora e di qnelli della ruota M, vi sarà, ad ogni oscillazione, una posizione obliqua del pendolo durante la quale uno dei denti della ruota M — che, non dimentichiamolo, tende a girare per effetto della lenta ma continua discesa del peso A — potrà sfuggire il contatto dell'áncora, subito dopo il pendolo assume, per un brevissimo istante, la posizione verticale, allora i denti dell'án-

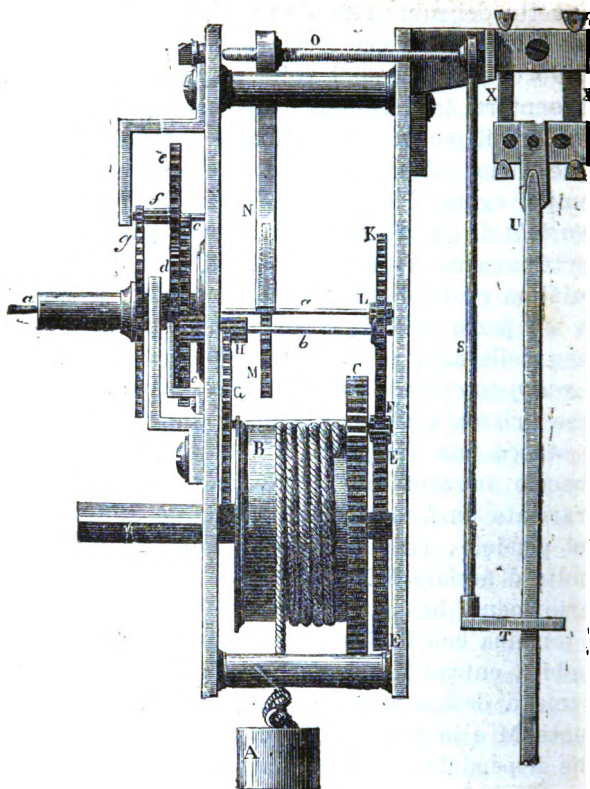



Fig. 172. Meccanismo d'un orologio a pendolo veduto di fianco.

cora impediscono l'ulterior movimento della ruota M; ma il pendolo non si arresta; grazie alla velocità acquistata ei continua a muoversi, compie una nuova

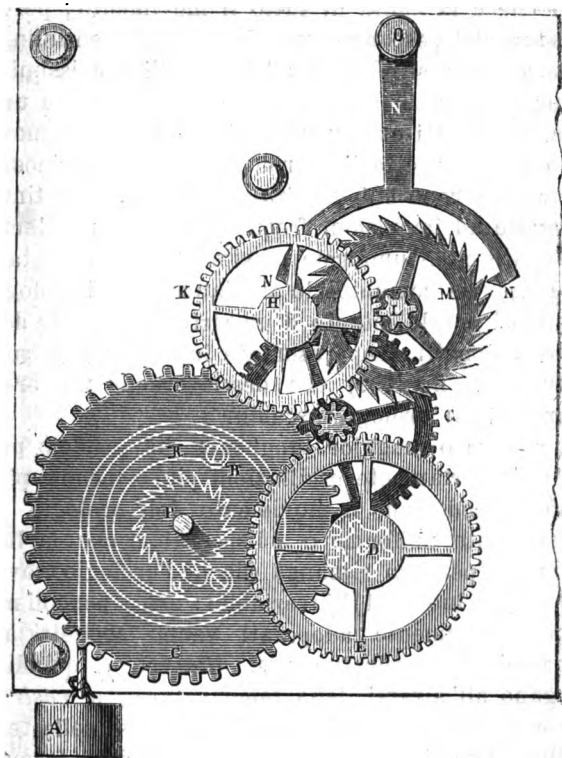



Fig. 173. Meccanismo d'un orologio a pendolo veduto in prospetto.

oscillazione e un altro dente della ruota M passa, direi quasi inosservato, attraverso all' áncora N N. Ecco dunque che la combinazione di quest' áncora

con l'oscillazione del pendolo interrompe ad ogni istante il movimento della ruota M e di tutte le ruote intermedie e quindi interrompe anche la discesa del peso P che è la causa di tutto il movimento; perciò la discesa del peso non succede in modo continuo ed accelerato, ma si effettua ad intervalli brevissimi in ciascuno dei quali il moto riesce sensibilmente uniforme. Ed infatti osservando attentamente il movimento delle lancette d'un orologio potrete convincervi che non scorrono sul *quadrante* con moto continuo, ma invece ad impulsioni frequentissime e regolari.

Ottenuto quell'uniforme movimento nella ruota M riesce agevole comunicarlo alle lancette dell'orologio, giovandosi a tale intento d'un sistema di ruote dentate e rocchetti (rappresentate in *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, sulla sinistra della fig. 172) che descriveremo fra breve parlando degli orologi tascabili.

La minore o maggior lunghezza del pendolo produce necessariamente oscillazioni più o meno rapide, perciò volendo che il movimento dell' orologio sia perfettamente uniforme è indispensabile che la lunghezza del pendolo rimanga (finchè l'orologio trovasi nello stesso luogo (1)) invariabile; ora i pendoli metallici generalmente adoperati vanno soggetti alle variazioni di temperatura; si *dilatano* e quindi si allungano all' alzarsi della temperatura, si *restringono* e quindi si accorciano all'abbassarsi della temperatura. Perciò un orologio, con pendolo formato

(1) Come abbiam detto più sopra, il movimento oscillatorio del pendolo è dovuto all' attrazione terrestre e perciò esso divien più o meno rapido a seconda che quest'attrazione aumenta o diminuisce. L' attrazione terrestre dipende — con

d'una verga metallica, quand'anche fosse costrutto col massimo scrupolo non potrebbe dare indicazioni egualmente precise tanto d'estate quanto d'inverno. Si rimedia a quest'inconveniente impiegando *pendoli a compensazione*, questi possono ricevere parecchie forme, ne indicheremo ora le due più comuni:

Il *pendolo compensatore a graticola* rappresentato isolatamente dalla fig. 174, è sostenuto da un sistema di verghette verticali, di diverso metallo, che riunite a tre traversi orizzontali costituiscono due telai. Il telaio esterno è formato da due verghette di acciaio saldate alle estremità dei due traversi in ottone T e T'; al traverso T' son saldate e sovr'esse si ergono verticalmente due verghette di ottone alquanto più corte delle precedenti, congiunte con saldatura ad un terzo traverso *l*, del pari in ottone; questo traverso compie così il telaio interno; al punto di mezzo del traverso *l* è saldata l'asta in acciaio del pendolo, la quale passa per un foro praticato nella traversa inferiore T' e porta sospesa la lente del pendolo. Supponiamo ora che il pendolo cammini a dovere alla temperatura di 10° C e che la stagione diventi più calda; allora tutte le parti metalliche dell'apparecchio do-

certa legge — dalla distanza dal punto in cui si fa l'esperienza al centro della Terra; è chiaro che questa distanza è maggiore in vetta anzichè ai piedi d'un'alta montagna, ma non basta, essa può essere diversa anche fra due punti posti entrambi al livello del mare purchè si trovino sotto diversa latitudine. Come tutti sanno, la Terra non è perfettamente sferica ma è rigonfia all'equatore e schiacchiata ai poli (il raggio equatoriale misura 6378 chilometri, mentre il raggio polare ne misura 6357), perciò l'attrazione terrestre va gradatamente aumentando dall'equatore verso i poli, uno stesso pendolo, invariabile nella sua lunghezza, si muove quindi più rapido mano mano che lo si porta a latitudini maggiori.

vranno allungarsi; non occupiamoci dell'allungamento laterale dei tre traversi poichè questo non ha alcuna influenza sull'allungamento generale del pendolo, consideriamo invece l'allungamento delle verghette verticali e dell'asta del pedolo. Se il punto di sospensione dell'intiero apparecchio non può nè alzarsi nè abbassarsi, come è appunto il caso negli orologi, le due verghette costituenti il telaio maggiore protranno allungarsi soltanto verso il basso e quindi faranno abbassare la traversa T', perciò saranno costrette ad abbassarsi in pari tempo anche le due verghette minori che costituiscono il telaio interno; ma queste due verghette si dilatano pur esse per l'aumentata temperatura, la dilatazione non può allungarle inferiormente, ciò è impedito dal traverso T', devono quindi entrambe allungarsi superiormente, tale allungamento solleva quindi il minor traverso *l* e conseguentemenie anche l'asta del pendolo. Cosicchè, mentre il caldo allungando le due verghette maggiori e tutta l'asta del pendolo, produce necessariamente l'abbassamento della lente del pendolo, quest'ultima si trova nel tempo stesso sollevata per effetto del contemporaneo allungamento delle due verghette minori. Se le verghette fossero tutte di una medesima sostanza o di sostanze egualmente dilatabili, la lente non si troverebbe rialzata di tutto quel tanto che è obbligata ad abbassarsi, giacchè l'abbassamento dipende dalla somma delle lunghezze dell'asta del pendolo e delle verghette maggiori, mentre il sollevamento dipende soltanto dalla lunghezza delle verghette minori. Perciò appunto queste ultime son fatte di ottone mentre le prime son fatte di acciaio; per eguali variazioni di temperatura, l'ottone si dilata ben più dell'acciaio (1), perciò la

(1) Due verghe metalliche l'una d'acciaio e l'altra d'ottone che a data temperatura misurassero entrambe un metro preciso, non conserverebbero la stessa lunghezza qualora la temperatura salisse di 1° C; la verga d'acciaio si allungherebbe di 0m 00001075, mentre la verga di ottone si allungherebbe di 0m 00001823.

minor lunghezza delle verghette d'ottone può essere abilmente calcolata in modo da compensare esattamente la maggior lunghezza delle verghette maggiori dell'asta del pendolo. Per tal guisa la lunghezza del pendolo, determinata dalla distanza fra il suo punto di sospensione ed il centro della lente rimane invariabile a qualsiasi temperatura.

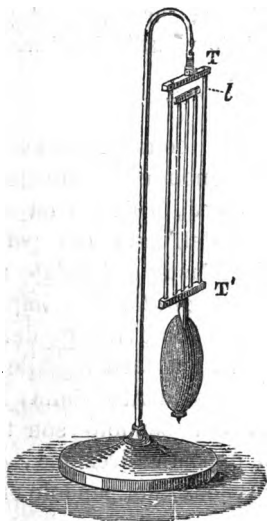



Fig. 174. Pendolo compensatore a graticola.

Fig. 175. Pendolo compensatore a mercurio.

Il *pendolo compensatore a mercurio* è formato di un'asta metallica T alla quale è unito inferiormente un vaso cilindrico R, parzialmente ripieno di mercurio. All'innalzarsi della temperatura l'asta D si dilata e non potendo allungarsi superiormente, si allunga solo verso il basso, perciò il serbatoio R si abbassa, ma in pari tempo si dilata anche il mercurio contenuto nel serbatoio e tale dilatazione ne solleva il livello; allora la distanza fra il punto di sospensione del pendolo ed

il centro di gravità del mercurio (che in tal caso fa l'ufficio della lente nei pendoli ordinarii) trovasi diminuita. Quando all'incontro la temperatura diminuisce, la lunghezza dell'asta T diminuisce ma in pari tempo si abbassa il livello del mercurio e quindi anche il centro di gravità della massa liquida. Si può quindi calcolare esattamente qual quantità di mercurio convenga introdurre nel serbatoio R affinchè, al variare della temperatura le variazioni nella lunghezza del pendolo sieno esattamente compensate dalle variazioni nel livello del mercurio contenuto nel serbatoio.

Negli orologi a pendolo più comuni si supplisce alla compensazione rendendo mobile la lente del pendolo che può scorrere a piacere, all' insù od all' ingiù lungo il tratto inferiore dell' asta del pendolo, perciò l'ultimo tratto di quest'asta è foggiato a vite, esso riceve una madreville o *galletto* che impedisce la discesa della lente: quando i movimenti del pendolo son troppo rapidi, si fa ruotare il galletto in guisa da permettere l' abbassamento della lente; quando invece i movimenti del pendolo son troppo lenti, si gira il galletto in opposta direzione, e così si solleva la lente e la lunghezza del pendolo rimane accorciata.

III.

Orologi da tasca; la molla elastica, movimento rotatorio determinato dallo svolgimento della molla. — Gl'ingranaggi intermedii, la *ruota a corona* ed il *bilancere.* — Meccanismo che regola il movimento delle due lancette. — Ineguale svolgimento della molla, la *chiocciola* ed il *barile.* — Il *bilancere a spira.* — Importanti applicazioni dei cronometri. — Utilità di tutti gli orologi. — Il tempo che fugge e più non ritorna. — Fate buon uso del tempo!

Gli *orologi da tasca* indicano l'ora tanto se l'orologio è mantenuto verticale, quanto se è in posizione più o meno inclinata od anche orizzontale, da ciò si comprende che il peso ed il pendolo, ottimi a far andare gli orologi murali, che rimangon sempre in posizione verticale, sarebbero assolutamente inservibili pegli orologi da tasca. Pel loro movimento si trae partito da un'altra proprietà della materia l'*elasticità.* Prendiamo una *molla* ossia un nastro d'acciaio lungo e sottile ed avvolgiamolo a spira nel modo indicato dalla fig. 176. Se l'elasticità naturale della molla non incontra alcun ostacolo, quest'ultima andrà a poco a poco distendendosi ed allargandosi poichè tutte le particelle d'acciaio che la costituiscono tendono a riprendere la posizione primitiva, precisamente come una palla di gomma elastica riacquista l'aspetto primitivo al cessar della compressione che temporariamente la deformava. — Vediamo ora cosa succederebbe se la molla non fosse perfettamente libera, avvolgiamola a spira, rendiamone immobile l'e-

stremità esterna, inchiodandola ad un punto fisso, ed inchiodiamone l'altra estremità (ossia l'estremità che occupa il centro della spira) ad un cilindro di metallo. Allora l'elasticità della molla obbligherà il cilindro a girare sopra sè stesso finchè la molla si sarà distesa per tutto quel tratto che è compatibile con la sua lunghezza e con la distanza che corre dall'una all'altra delle sue due estremità.

La fig. 177 ci indica in qual modo si utilizza la rotazione di quel cilindro per far andare le lancette dell'orologio. Avvertiamo anzitutto che la distanza

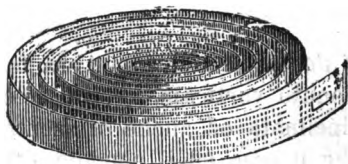



Fig. 176. Molla da orologio.

fra le varie ruote è in realtà molto minore di quella indicata nella figura, in fatto le ruote degli orologi sono fra loro vicinissime, le presentiamo molto discoste l'una dall'altra per rendere più chiara la descrizione.

Come si scorge dalla figura, l'estremità esterna della molla è inchiodata in A, mentre la sua estremità interna è fissata sopra un cilindro verticale che attraversa liberamente, grazie ad un foro, tanto il diaframma metallico che divide in due piani tutto l'orologio, quanto il quadrante graduato sul quale muovonsi le due lancette. La sommità T di questo cilindro è di forma quadrangolare; introdotta in essa la *chiave* la si gira opportunamente per *caricare*

l'orologio, ossia per tendere la molla; non appena l'orologio è caricato, la molla — obbedendo alla sua naturale elasticità — incomincia a far ruotare il cilindro che la sormonta; per utilizzare la rotazione di questo cilindro, si fissa sovr'esso la prima ruota dentata C, in tal guisa questa è obbligata a girare unitamente al cilindro; i denti della ruota C ingranano in quelli del rocchetto D sul cui asse, od al-

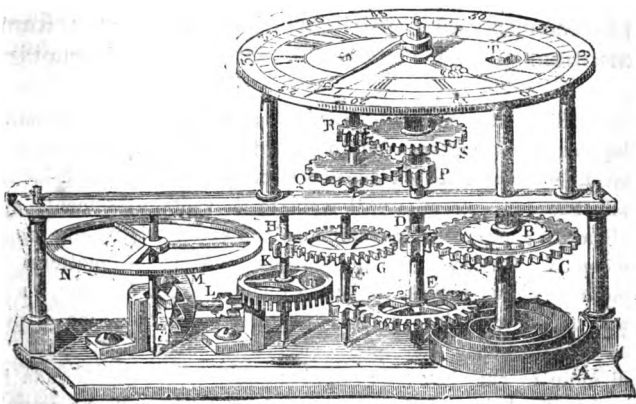



Fig. 177. Meccanismo d'un orologio a molla.

bero, è fissata la ruota dentata E la quale fa girare il rocchetto F impernato sull'asse della ruota dentata G, questa mette in movimento il rocchetto H nel cui asse è fissata la *ruota a corona* K, così chiamata per la speciale struttura dei suoi denti, questi ingranano in quelli del rocchetto L, il cui asse orizzontale sostiene la ruota dentata M; a breve distanza da questa ruota si erge verticalmente un asse, od albero, mobilissimo sui suoi due perni, nella parte

superiore di quest' asse è fissato un *bilancere* o *volante* N (1), la cui massa è molto grande, rispetto alle minime dimensioni di tutto il congegno, dall'asse del bilancere si staccano due palette *i*, *i'*; queste due palette non si trovano entrambe nello stesso piano, ma formano fra loro un angolo alquanto aperto; la paletta *i*, collocata immediatamente al disotto del bilancere, può incontrare i denti superiori della ruota M, mentre la paletta *i'*, collocata al piede dell' asse, può incontrare i denti inferiori di questa ruota. Rammentiamoci che l' elasticità della molla fa ruotare

(1) Si dà il nome di *volante* ad una ruota, coi raggi molto leggeri e col contorno molto pesante, attraversata da un'asse od albero sostenuto da cuscinetti od infisso in appositi incavi alle sue due estremità; il volante è vantaggiosamente applicato a moltissime macchine poichè esso in virtù della *legge d' inerzia* (un corpo in quiete non può da sè mettersi in moto, non può ridursi in quiete quando è già in moto, e non può neppur cambiare menomamente il suo moto, ma di per sè tende a conservare quella precisa condizione di quiete o di moto in cui si trova; ogni cambiamento che accada in questa condizione è da imputarsi a qualche impulso o a qualche resistenza sopravvenuta) concorre a rendere uniforme il movimento della macchina. Quando per una qualsiasi causa la forza sviluppata dalla macchina aumenta, essa tenderebbe ad accelerare il suo moto, ma dovendo mettere in movimento anche il grave volante, l' accelerazione riesce assai meno sensibile di quel che sarebbe se il volante, non ci fosse. Quando invece la forza sviluppata dalla macchina diminuisce, essa tenderebbe a rallentare il proprio movimento, ma il volante — per la velocità già acquistata — continua a muoversi velocemente, obbliga a muoversi di conserva con lui tutti gli altri organi della macchina e rende così — per un po' di tempo — quasi insensibile il rallentamento.

tutti gl' ingranaggi dell'orologio ed aggiungiamo che grazie alla opportuna combinazione di ruote e rocchetti testè descritta, il lento movimento della prima ruota C si trasforma in rapidissimo moto dell'ultima ruota M; orbene, quando uno dei denti di quest' ultima ruota incontra la paletta superiore *i*, ei la obbliga a deviare dalla sua posizione e siccome la paletta è fissata sull' asse del bilancere, così sì questo come quello saranno obbligati a girare per breve tratto; questo movimento rotatorio dell'asse produce necessariamente lo spostamento della paletta inferiore *i'* che va ad incontrare un dente inferiore della ruota M, questo dente urta allora la paletta *i'* e la obbliga a mutar direzione, allora l' asse e con esso il bilancere, son costretti a girare in direzione opposta alla precedente finchè la paletta superiore *i* incontra un dente superiore della ruota M, l' urto si rinnova ed obbliga quindi la paletta, l' albero ed il bilancere a cangiar movimento, e così, finchè la molla continua a svolgersi, il bilancere continua ad oscillare, ora in una direzione, ora nella direzione opposta, sempre però per breve tratto.

Come il lettore ha già compreso, le due palette *i i'* ed il bilancere N costituiscono un *regolatore* ed adempiono, in questa specie di orologi, ufficio analogo a quello dell'áncora (indicata in NN nella fig. 173) negli orologi murali; impediscono alla ruota M di muoversi in modo continuo, l' interposizione alternata di una delle due palette frammezzo ai denti della ruota M rende il movimento intermittente e sensibilmente uniforme.

Le due ruote dentate Q ed S ed i due rocchetti P ed R che occupano il piano superiore servono a muo-

vere le due lancette, in modo che una di esse — quella dei minuti — compie un intiero giro nel corso di un' ora, mentre l' altra — quella delle ore — compie un sol giro nel tempo in cui la prima ne compie dodici. L' asse della ruota E passa liberamente attraverso a due fori praticati l' uno nel diaframma, l'altro nel quadrante; sulla sua sommità è fissata la lancetta dei minuti, da ciò si comprende che le dimensioni della molla e del regolatore devono essere studiate accuratamente affinchè la ruota E ed il suo asse e quindi anche la lancetta dei minuti possano esattamente compiere un intiero giro nel corso di un' ora; sull'asse che si innalza dalla ruota E è fissato il rocchetto P i cui denti ingranano con quelli della ruota Q, l' asse della quale sostiene il rocchetto R che, alla sua volta, ingrana nei denti della ruota S, quest'ultima ruota non è fissata, come a primo aspetto potrebbe sembrare, sull' asse dei minuti, bensì sopra un asse cavo; l' asse dei minuti attraversa l' asse cavo senza neppur toccarlo e quindi il movimento dell'uno non ha alcuna diretta influenza sul movimento dell'altro. L'asse cavo attraversa anch'esso il quadrante e sostiene la lancetta delle ore.

È facile comprendere in qual modo l' asse cavo può compiere un solo giro mentre la lancetta dei minuti ne compie dodici: il rocchetto P, che per quanto abbiamo detto deve fare un intiero giro nel corso d' un' ora, ha otto denti, mentre la ruota Q ne ha ventiquattro; perciò nel tempo in cui il rocchetto P compie tre giri completi, la ruota Q ne compirà uno solo, e quindi tanto la ruota Q quanto il rocchetto R che si muove con essa, faranno un giro intiero ogni tre ore; anche il rocchetto R ha otto denti soltanto mentre la ruota S ne ha trentadue, per conseguenza, ci vogliono quattro giri del roc-

chetto R per far compiere un giro completo alla ruota S, e siccome il rocchetto R fa un giro ogni tre ore, così per fargli fare quattro giri e quindi per far compiere un intiero giro alla ruota S ci vorranno tre volte quattro, ossia dodici ore.

Quando l'orologio è appena caricato, la molla è molto tesa, allora la sua elasticità è massima, ma poi decresce gradatamente, perciò ad onta del regolatore superiormente descritto, tutti i movimenti riescirebbero troppo rapidi nei primi istanti e troppo lenti negli ultimi; per rimediare a quest'inconveniente

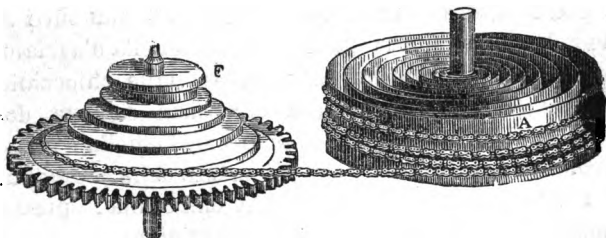



Fig. 178. La chiocciola ed il barile.

si fece uso del congegno rappresentato dalla fig. 178: la molla A è rinchiusa in un tubo molto largo e di poca altezza che dicesi *barile*, l'estremità interna della molla rimane fissata, come si è già detto, al cilindro che la sormonta, mentre l'estremità esterna è saldata sulla superficie interna del barile. Alla superficie esterna di quest'ultimo è avvolta una lunga e flessibilissima catenella d'acciaio un'estremità della quale è inchiodata sul tamburo, mentre l'altra estremità è inchiodata verso la base della *chiocciola* F nel contorno della quale è praticata una scanalatara

spirale destinata, come ora vedremo, a ricevere gradatamente la catenella. Per caricare l'orologio si fa girare, mediante la chiave, il tamburo conico F e così la catenella si svolge dal barile e si avvolge sulla chiocciola; questo movimento della catenella fa girare anche il barile A, grazie a questo movimento del barile la molla si avvolge intorno al cilindro che ne occupa il centro, in breve l'orologio è caricato; subito dopo la molla incomincia a distendersi e quindi fa girare tanto il tamburo A quanto la chiocciola F, e quindi anche la ruota dentata che ne occupa la base, in direzione opposta alla precedente. Il lettore ha già compreso che il movimento del tamburo si trasmette alla chiocciola mercè la catenella d'acciaio, questa va gradatamente svolgendosi dalla chiocciola ed avvolgendosi intorno alla superficie esterna del barile. Nei primi istanti, quando cioè la molla è maggiormente tesa essa agisce, per mezzo della catenella, sulla scanalatura superiore della chiocciola, questa scanalatura superiore ha diametro minimo rispetto a tutte le altre e perciò oppone maggior resistenza ad esser messa in movimento, tale resistenza va gradatamente decrescendo quanto più grande è il diametro della scanalatura dalla quale sta svolgendosi la catenella, negli ultimi periodi del movimento della molla la tensione di questa è minima ma appunto allora essa agisce sul diametro massimo della chiocciola e così, mentre la forza della molla diminuisce, diminuisce pure lo sforzo necessario a far girare la chiocciola ed il di lei movimento — e quindi anche quello di tutto il meccanismo — risulta uniforme, poichè la ruota dentata applicata al disotto della chiocciola trasmette il movimento a tutti gl'ingranaggi precedentemente descritti.

La chiocciola ed il barile costituiscono un complesso ingegnosissimo, tuttavia esso è quasi abbandonato perchè richiede un asse di più e quindi aumenta gli attriti, perchè è frequente il caso della rottura della catenella, il che riduce all'immobilità tutto il congegno e perchè la soppressione della chiocciola permette di impiegare una molla più esile. Si rimedia all'inconveniente dell'inegual elasticità della molla costruendola molto lunga, affinchè la quantità di cui essa si distende in una giornata, risulti molto piccola; e così caricando l'orologio ogni ventiquattro ore l'azione della molla rimane sensibilmente costante.

Fig. 179. Bilanciere a spira.

Col progresso dell'orologeria, si sostituì al bilancere semplice, indicato con N nella fig. 177, il *bilancere a spira* (fig. 179), ossia un bilancere al cui perno è avvolta una sottilissima molla d'acciaio, un'estremità della quale rimane fissa sul perno, mentre l'altra estremità è inchiodata ad un punto immobile dell'orologio. Questa molla e quindi anche il bilancere assumono naturalmente una certa posizione d'equilibrio, ma imprimendo un leggero impulso al bilancere questi compie un giro od una porzione di giro e con ciò tende la sottil molla spirale, subito dopo la spirale reagisce e fa girare il bilancere in opposta direzione e questi non solo ritorna nella posizione primitiva, ma, per l'elasticità della spirale, è

costretto a girare ancora per breve tratto, poi indietreggia e così tende nuovamente la spirale la quale poi reagisce nuovamente e così via; in tal modo il bilancere oscilla ora in una direzione ora nella direzione opposta, come farebbe un pendolo, con notevole vantaggio per l'uniformità dei movimenti dell'orologio.

Grazie ai continui progressi delle arti meccaniche la moderna orologeria ha ormai raggiunto un alto grado di perfezione, si hanno orologi che si muovono con tutta la desiderabile uniformità, ed indicano esattamente anche frazioni di tempo appena percettibili, come ad esempio *un decimo di secondo.* Troppo lungo sarebbe il dire come ed in qual grado quest'esatta misura del tempo abbia vantaggiosamente influito sul progresso di moltissime scienze, ricorderemo soltanto che i grandi progressi dell'astronomia, della geografia e della navigazione, sono in parte dovuti alla perfezione dei moderni cronometri. Questi ammirabili congegni rendono all'umanità importantissimi servigi poichè permettono al navigante di riconoscere in ogni momento, sì in vicinanza come in lontananza dalle coste, sì di giorno come di notte, il *grado di longitudine* nel quale ei si trova (ovvero uno dei due elementi che determinano l'esatta posizione d'un punto sulla superficie della Terra), cognizione importantissima che giova a prevenire non pochi naufragi, a risparmiare molte perdite di persone e di averi.

L'ingegnere che vuol misurare la portata d'una sorgente o d'un corpo d'acqua qualunque, la velocità d'una macchina, la profondità d'un precipizio; il guerriero che vuol stabilire operazioni ed attacchi

simultanei, l'artigliere che vuol precisare il tempo che impiegherà una miccia a trasmettere il fuoco; il medico che vuol stabilire la durata delle pulsazioni o d'altri fenomeni, il fisico che vuol riconoscere la velocità del suono, della luce, dell'elettrico, tutti ricorrono ai cronometri.

Più modesti ma non meno importanti uffici può compiere anche il più volgare orologio: il lento ma continuo movimento delle sue lancette segna inesorabilmente il *tempo che fugge e più non ritorna.* Possano tutti i nostri giovani lettori comprendere tutta l'importanza, apprezzare il sommo valore del tempo; lo misurino avaramente, fuggano l'ozio e le chiacchiere inutili, procurino di impiegare utilmente anco le più piccole frazioni di tempo pel bene proprio e dei proprii simili. Possano tutti ripensare con soddisfazione, nei loro vecchi anni, all'uso che avranno fatto del loro tempo.

LA POLVERE DA CANNONE

E LE ARMI DA FUOCO

I.

Roggero Bacone e Bertoldo Schwartz. — Il fuoco greco. — Le crociate e il mago Ismeno. — Balestre, lancie a fuoco, carri incendiari, aspersorii. — Gli Arabi e il salnitro.

Generalmente si attribuisce l'invenzione della polvere da cannone a due monaci: l'uno è *Bertoldo Schwartz*, detto italianamente *frate nero*, e l'altro che lo precedette, *Roggero Bacone*, monaco versatissimo nelle scienze, che viveva nel XIII secolo.

Vediamo su che si fondino queste opinioni.

Nell'*Opus Magnus*, composto nel 1267, Roggero Bacone (1) parla della polvere usata a sollazzo dei fanciulli e a spettacolo della plebe in parecchie parti del mondo; e porge altresì una ricetta per la composizione della meravigliosa materia; ma alla ma-

(1) Roggero Bacone, celebre monaco inglese (da non confondersi col filosofo e cancelliere Francesco Bacone) nacque a Ilchester, nella contea di Sommerset nel 1214, fu onorato dai suoi contemporanei col titolo di *dottore ammirabile*, morì nel 1292.

niera di quell' età, in cui il segreto avvolgeva le scienze, la ricetta è data sotto forma d'anagramma: « Mediante salnitro — e' scrive — *Luro vopo vir can utriet* e solfo, tu puoi, se ti talenta, generare il tuono e la folgore ».

Quella riga di colore oscuro, decomposta, si trasforma nelle seguenti parole: *carvonu* (carbone) *pulveri trito.*

Si accenna adunque ai tre elementi della polvere, il salnitro, lo solfo, il carbone, ma non si accenna menomamente alla forza proiettiva di questo composto. Si può dunque negare a Bacone la paternità di quest'invenzione; e ciò non impoverisce per nulla la gloria di quell'insigne enciclopedico.

Con Bertoldo Schwartz, monaco benedettino di Friburgo, che più propriamente s'appella Costantino Ancklitzen, facciamo certo un passo di più. — Da Bacone a lui un secolo è trascorso; e la polvere cessa di essere un futile e costoso trastullo.

Lo Schwartz, dopo raccolte lodi senza fine, dopo ottenuto persin l'onore della statua (erettagli dai concittadini nel 1853), si trovò ad un tratto colpito dallo scetticismo scientifico, che non rispettò nemmeno l'esistenza di lui.

Che egli sia personaggio reale è provatissimo. Nella galleria degli Uffizi a Firenze ammirasi un quadro di Giacomo Crespi, il quale raffigura il monaco tedesco intento, con parecchi operaj, alla fabbricazione della polvere. Il di lui ritratto che noi porgiamo è preso da quel dipinto.

Messe da un canto le esagerazioni e appurati i fatti, si può convenire in questo che lo Schwartz condusse, nel silenzio del chiostro, degli esperimenti

felici, con cui non trovò, ma accertò e dichiarò la forza esplosiva del composto indicato da Bacone. La tradizione racconta che il monaco tedesco, avendo

Fig. 180. Bertoldo Schwartz.

per una esperienza d'alchimia, mescolato in un mortaio del salnitro, dello solfo e del carbone, vi lasciò cadere per caso una scintilla, che produsse una esplosione terribile. Così anco l'invenzione della polvere

sarebbe dovuta al caso: quel caso che favorisce sempre gli osservatori intelligenti.

Da quanto abbiamo esposto si vede che, se la polvere ebbe un inventore, questo titolo spetta piuttosto al monoco tedesco che al monaco inglese. Ma la verità è che questa non è un'invenzione che possa attribuirsi esclusivamente ad un individuo. Per convincervene dobbiamo rifare molti passi indietro e consultare gli usi battaglieri dell'antichità.

Fin dai tempi più remoti, i miscugli infiammabili erano in uso come mezzi d'ammazzare il prossimo, così nell'Occidente come nell'Oriente. Specialmente nell'Asia, da tempi immemorabili s'adoprarono nei combattimenti dei miscugli di questo genere, che successivamente perfezionati, finirono col costituire la nostra polvere da cannone.

Diremo ora in qual modo i miscugli infiammabili, adoperati primitivamente in Oriente, siansi a poco a poco modificati per modo da acquistare la proprietà di lanciare i proiettili e creare l'artiglieria moderna.

L'Asia produce in abbondanza diversi combustibili naturali, fra cui il nafta, il bitume od asfalto, il petrolio, ecc. Mescolando siffatte sostanze al catrame e agli olii grassi, i Cinesi, gl'Indiani e i Mongoli ottenevano materie infiammabili, che s'appiccavano agli oggetti contro cui venivano lanciate. Questi miscugli incendiarii, la cui origine prima si perde nella notte dei tempi, furono introdotti in Europa intorno al settimo secolo. I Greci del Basso Impero li conobbero da un tal *Callinico*, d'Eliopoli in Soria, che diede loro il nome di *fuoco greco*.

Gli storici antichi favoleggiarono molto su questo

fuoco greco. Si racconta che con esso gli ammiragli dell'imperatore Costantino Pogonate abbruciarono, presso Cizico nell'Ellesponto, la flotta saracena che era montata da 30,000 uomini. I Saraceni se ne servirono poi terribilmente contro i Crociati ai tempi di san Luigi. Vuolsi pure che quel fuoco, invece di estinguersi nell'acqua, vi pigliasse forza, mentre l'olio valeva ad estinguerlo.

Ma studii più recenti hanno tolto un po' della potenza favolosa che si accordava al *fuoco greco*, e dimostrato ch'esso era per gli orientali un mezzo di spargere lo spavento nelle file nemiche, più che un'arma offensiva e sì terribile. Noi conosciamo oggi esattamente le materie che componevano il fuoco greco: erano cioè un miscuglio di olio di nafta, di catrame, di resina, di olii vegetali e grassi, ai quali si aggiungevano certi minerali combustibili ridotti in polvere. Il salnitro non entrò che più tardi nella composizione del fuoco greco.

Ora sarete curiosi di sapere come lo si adoperasse. Negli assedii, si lanciava il fuoco greco con baliste o con balestre fatte a spirale, per incendiare le torri di legno e i lavori di difesa. Nelle battaglie navali, brulotti, ossia appositi barconi pieni di questa materia infiammata, spinti dal vento, andavano a portare ed appiccare il fuoco ai fianchi dei navigli nemeci. Qualche volta si lanciava il fuoco greco per mezzo di tubi di rame o di stagno attaccati a prora dei vascelli, ovvero lo si lanciava già acceso entro a pentole di ferro.

Ad ogni modo, quest'invenzione micidiale valse ai Greci del Basso Impero molte vittorie navali dal IX secolo fina alla presa di Costantinopoli per i Crociati

nel 1203. In allora la conoscenza del fuoco greco si sparse fra gli Arabi.

I nostri lettori ricordan certo quei versi del Tasso, laddove parla di miscugli incendiari composti da Ismeno:

> Mesce il mago fellon zolfo e bitume.
> Che dal lago di Sodoma ha raccolto;
> E fu, credo in inferno; e dal gran fiume,
> Che nove volte il cerchia, anco n'ha tolto.
> Così fa che quel foco e puta e fume,
> E che s'avventi fiammeggiando al volto.

In quel tempo ancora cioè al principio del XIII secolo, la composizione del fuoco greco ricevette un grande perfezionamento. Vi fu introdotto il *salnitro*, cioè quel prodotto che volgarmente porta il nome di nitro e scientificamente quello di nitrato di potassa. I Cinesi conoscevano già da tempo questo sale, che ha la proprietà di far abbruciare il carbone con vivo scoppio, accelerandone la combustione. Questo sale s'incontra spesso bell'e fatto sulla superficie del suolo, ove costituisce delle efflorescenze naturali. Basta raccogliere le terre pregne di salnitro, diluirle nell'acqua calda e farne evaporare la soluzione, per ottenerne il salnitro, ancora impuro sì, ma sufficiente a produrre la combustione di materie infiammabili, come lo zolfo, il carbone, le materie grasse o resinose. Aggiungendo proporzioni convenienti di questo salnitro impuro alle materie inflammabili, di cui già facevasi uso, i Cinesi accrebbero considerevolmente la forza ustoria di questo miscuglio.

Gli Arabi tolsero ai Cinesi, ma non sappiamo precisare il quando, l'idea di aggiungere al fuoco greco

il salnitro naturale. A lanciarlo, i Saraceni adoperavano macchine molto svariate, talora anche complicatissime.

I Saraceni e gli Arabi usavano il fuoco greco, non solo negli assedii, ma anche nei combattimenti corpo a corpo. Gl' ingegni a tal uopo erano svariatissimi.

C'erano *carri incendiarii* e cavalieri armati di *lancie a fuoco* che si gettavano nelle file nemiche e vi portavano lo spavento. Anche i pedoni si armavano di queste lance a fuoco.

Nei loro combattimenti contro i Cristiani, i Saraceni adoperavano pure certe mazze che per derisione chiamavano *aspersorii*, poichè andandosi a rompere sul nemico, lo aspergevano di fuoco greco. Uomini a cavallo portavano in cima a lunghe aste di legno, bottiglie di vetro piene di questo miscuglio incendiario; la bottiglia era intonacata di zolfo; a un momento dato, si dava il fuoco allo zolfo, la bottiglia scoppiava pel calore, e cavallo e cavaliere, avvolti di fiamme, andano a spargere la confusione nei battaglioni nemici.

I Crociati, che non sapevano battersi che col ferro, erano presi da spavento al vedersi circondati dal fuoco delle *mazze-aspersorii* o delle *lance a fuoco* degl'Infedeli; e lo storico Joinville, che prese parte egli stesso alle guerre di Terra Santa, ci lasciò nelle sue ingenue *Cronache* gli attestati del superstizioso terrore che queste strane armi destavano nei guerrieri cristiani.

Non è però vero che l' acqua non giovasse a spegnere il foco greco.

Par certo che gli Arabi siano stati i primi, nel

XIII secolo, a comporre un miscuglio analogo alla moderna polvere da cannone, aggiungendo il salni-

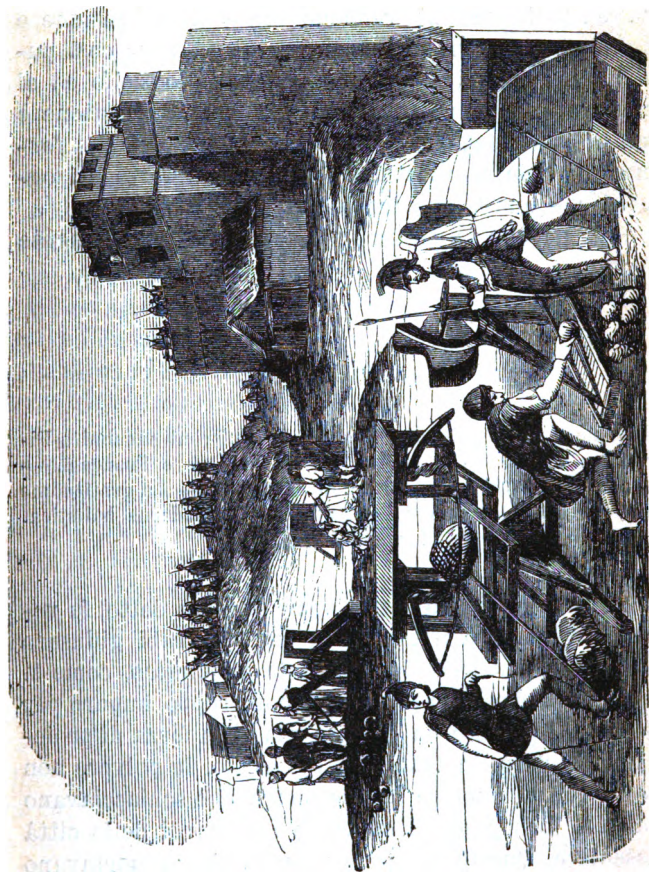



Fig. 181. Le armi da gitto romane.

tro alle materie che entravano nel fuoco greco, cioè allo zolfo ed al carbone; gli Arabi, che erano già molto innanzi nelle cognizioni d'alchimia, seppero

purificare il salnitro, sbarazzandolo dalle sostanze impure alle quali si trova mescolato il più delle volte, sostanze che rendono lenta la accensione e quindi lo scoppio del miscuglio. Il salnitro così purificato, e quindi più attivo, unito allo zolfo ed al carbone, diede un miscuglio la cui combustione è quasi istantanea; la grande espansione dei gas formati da tale combustione, spinge con forza gli oggetti che questi gas trovano dinanzi a sè.

Così nacque la polvere da cannone propriamente detta.

II.

Invenzione della polvere da cannone. — Primi cannoni a Firenze nel 1325. — Loro forma. — Inglesi e Francesi. — Vietati dalla Chiesa. — Bertoldo Schwartz. — La gratitudine dei Veneziani. — Cannoni giganti. — La moderna balistica. I cannoni rigati.

La palvere da cannone, come abbiam detto, fu veramente trovata il giorno in cui gli Arabi giunsero a purificare il salnitro. Tuttavia il salnitro, come si preparava dagli Arabi, era ancor troppo impuro per dare alla polvere da guerra una gran forza di proiezione. E però, in tutto il XIV secolo, la polvere non servì che a lanciare grosse pietre, che schiacciavano sotto il loro peso gli edifizii e i baluardi delle città assediate. Queste prime bocche da fuoco portavano il nome di *bambarde*, di cui vedete la figura a pagina 529.

Si ha da notare che l'invenzione della polvere da

guerra non fece sulle prime rinunziare al fuoco greco presso i Musulmani, nè presso gli stessi Europei. Ciò prova, contro la credenza generale, che il segreto della preparazione del fuoco greco, non andò mai perduto. I pirotecnici del medio evo conoscevano a meraviglia e sapevano adoperare questo fuoco, che avea cagionato tanto terrore ai loro antenati nelle guerre di Palestina. Tutt'altro che perduto, esso era ancora nel XIV secolo molto in uso negli assedii, e si adoperava perfino nelle mine; ma naturalmente lo si andò negligendo mano mano che la preparazione della polvere da cannone si perfezionava.

Molte nazioni si disputavano l'onore — dove si caccia l'onore delle nazioni! — d'aver fatto il primo uso del cannone. Oggi la questione è risolta a favore della nostra nazione. Possediamo un documento autentico, secondo il quale, nel 1325, il gonfaloniere e i dodici *boni viri* della città di Firenze aveano autorità di nominare due ufficiali incaricati di far fabbricare palle, di fornir cannoni a difesa delle castella e dei villaggi appartenenti alla Repubblica. Da altro documento risulta che il cannone tuonò a Cividale nel 1331. Dunque l'Italia fece il primo uso del cannone.

In Francia non si adoperò la polvere da cannone che nel 1339, all'assedio di Cambrai, per Edorardo III.

Se gl'Inglesi vennero anche dopo la Francia ad adottare questa polvere micidiale, furono però primi fra tutti ad adoperarla non contro le muraglie, ma in campo aperto; e questa prima volta fu propriamente contro i Francesi. Nella famosa battaglia di Crécy, il 27 agosto 1346, gl'Inglesi adoperarono tre cannoni che lanciavano piccole palle di ferro. Il disastro dei Francesi fu naturalmente attribuito all'uso

di queste bocche da fuoco, che quindi furono adottate in tutta Europa. Il cronista Giovanni Villani, accennando a quella battaglia, rammenta « le bombarde che facieno sì grande tremuoto e rumore, che parea che Iddio tuonasse con grande uccisione di gente e sfondamento di cavalli ».

Non devesi però credere che avessero la forma colossale dei nostri cannoni, in faccia ai quali i cannoni del XIV e del XV secolo, qui disegnati (fig. 183) sembrano giocatoli da bambini.

Così minuscoli però com'erano, spaventavano non poco; e il loro uso pareva atto di fellonia agli uomini d'arme del medio evo. A quegli uomini cavallereschi sapeva male l'impiegare tali strumenti, coi quali il più vigliacco poteva, da lontano e stando al sicuro, abbattere il più intrepido. Il Concilio di Laterano proibì di dirigere contro gli uomini siffatte macchine « *troppo omicide e spiacenti a Dio* », e gli artiglieri tedeschi dovevano giurare di non servirsene mai per la distruzione degli uomini. Ma, dopo il trionfo degli Inglesi a Crécy, scomparvero gli scrupoli generosi, e l'uso dell'armi da fuoco si fece generale.

Gli Inglesi, che alla suddetta battaglia del 1346 non avevano che tre cannoncini, trent'anni dopo, nel 1376, ne avevano ben quattrocento per attaccare S. Malò.

E nel 1380, si videro, per la prima volta, dei cannoni anche a bordo dei bastimenti.

In tutti questi particolari trovasi la conferma di quanto abbiam detto più sopra, che cioè è poco giusta l'opinione che attribuisce l'invenzione della polvere da cannone al *Frate Nero*, come gli Italiani chiama-

vano *Bertoldo Schwartz*. L'invenzione della polvere da cannone non può attribuirsi, in particolare, a nessun individuo: essa è opera dei secoli. Una lunga

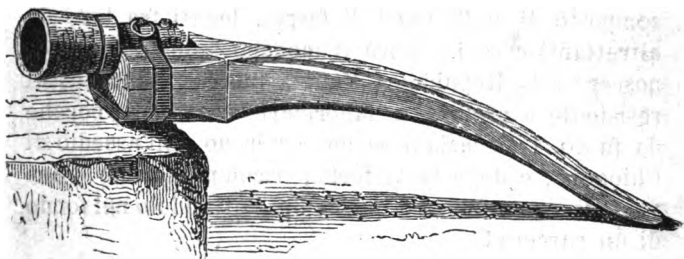



Fig. 182. Bombarda.

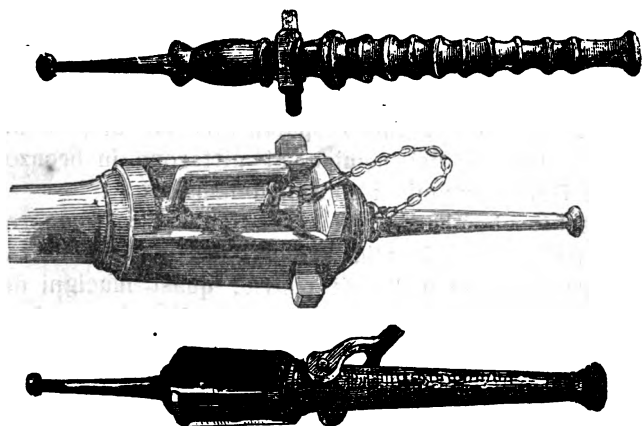



Fig 183. Cannoni del XIV e XV secolo.

serie di perfezionamenti successivi, portati dai differenti popoli dell'Asia e d'Europa alle manipolazioni dei miscugli incendiarii, che erano da tempo imme-

morabile impiegati nei combattimenti, diede origine a questo terribile agente distruttore.

Tuttavia il nome dello Schwartz resta legato alla polvere da cannone. Prima del 1378, un cannone era composto di molti pezzi di ferro, legati fra loro da altrettanti cerchi. Allora il monaco tedesco fece conoscere alla Repubblica Veneta una lega dura, assai resistente e propria a fabbricare eccellenti bocche da fuoco. I Veneziani se ne servirono nell'assedio di Chioggia; e dopo la vittoria, ricompensarono l'inventore, come soleva a que' tempi, gittandolo nel fondo di un carcere!

Carlo VIII dovette la sua pronta conquista del regno di Napoli alle numerose bocche da fuoco ch'ei si trascinava dietro.

Al principio del 1400 il cannone più grosso non pesava più di centoquindici libbre; ma da quell'epoca in poi tutti gli Stati, tutte le città, vollero avere enormi bocche da fuoco spalancate dall'alto delle torri a terrore dei nemici. Si gittarono in bronzo ed in ferro cannoni di enormi dimensioni.

V'ebbero bombarde che spaventavano col fragore e mandavano a più migliaia di passi di lontananza le loro immense palle di pietra, quasi macigni di montagna; ma di rado investivano, di rado producevano danni proporzionati alla minaccia. La loro mole, il loro peso ne rendea lento e difficile il trasporto.

La scienza, che a poco a poco invade ovunque il campo dapprima occupato dal tradizionale empirismo, prese ad esaminare accuratamente la forma e le dimensioni più convenienti per le bocche da fuoco, la composizione della polvere, la struttura dei proiettili,

e così sorse la moderna balistica. Questa rigettò gli assurdi cannoni giganti, conservandone soltanto, come oggetto di curiosità storica, nei musei d'artiglieria, alcuni esemplari delle forme più bizzarre e dalle dimensioni più mostruose. La scienza moderna vi sostituì i cannoni rigati, di facile trasporto, costrutti, in ogni più minuto particolare con la massima precisione, mercè la quale si ottengono tiri efficaci ed esatti persino a distanze di cinque mila metri (1).

III.

PERFEZIONAMENTI DELLE ARMI DA FUOCO.

I fucili a ruota ed a scatto. — Le capsule. — Canne rigate. Fucili ad ago.

Vi presterete difficilmente a credere che il fucile sia stato inventato dopo il cannone. Eppure le piccole bocche da fuoco portatili, che finirono col dare quell'arma comune, sicura e comoda che si chiama *fucile*, non furono inventate che verso il XVI secolo; e sulle prime non era che un piccolo cannone molto allungato, che, malgrado il suo peso, poteva esser tenuto sulle braccia e puntato da un artigliere, mentre un'altro dava fuoco all'acciarino.

(1) Per ulteriori e particolareggiate notizie sui cannoni antichi e moderni, rimandiamo il lettore alla *Polvere da cannone, le artiglierie e le armi portatili* del capitano Clavarino, pregevolissimo lavoro pubblicato in quest'anno (1873) e in questa medesima raccolta della Biblioteca Utile.

Poscia si immaginò di ridurre di molto le dimensioni di queste canne e munirle di un manico di legno, che permettesse ad una persona sola di puntarle e darvi il fuoco con l'esca.

Posteriormente furono inventati i *fucili a ruota*, provveduti di un meccanismo che serviva ad inflammare la polvere contenuta nella canna del fucile, senza che fosse necessario avvicinare all' esca la

Fig. 184. Il primo fucile.

Fig. 185. Il primo fucile col manico.

Fig. 186. Fucile a ruota.

miccia accesa. Quest'ultima forma, perfezionata progressivamente, fornì il *fucile a scatto*, armato di una pietra focaia, che, battendo con forza sull'acciarino, ne cava scintille ed infiamma la polvere; i progressi della chimica suggerirono in appresso l'impiego dei cappellotti o *capsule fulminanti*, contenenti un preparato (fulminato di mercurio) che, appena percosso dall' acciarino, si accende ed infiamma la polvere con rapidità e sicurezza ben maggiore di quella che potevasi avere con la pietra focaia.

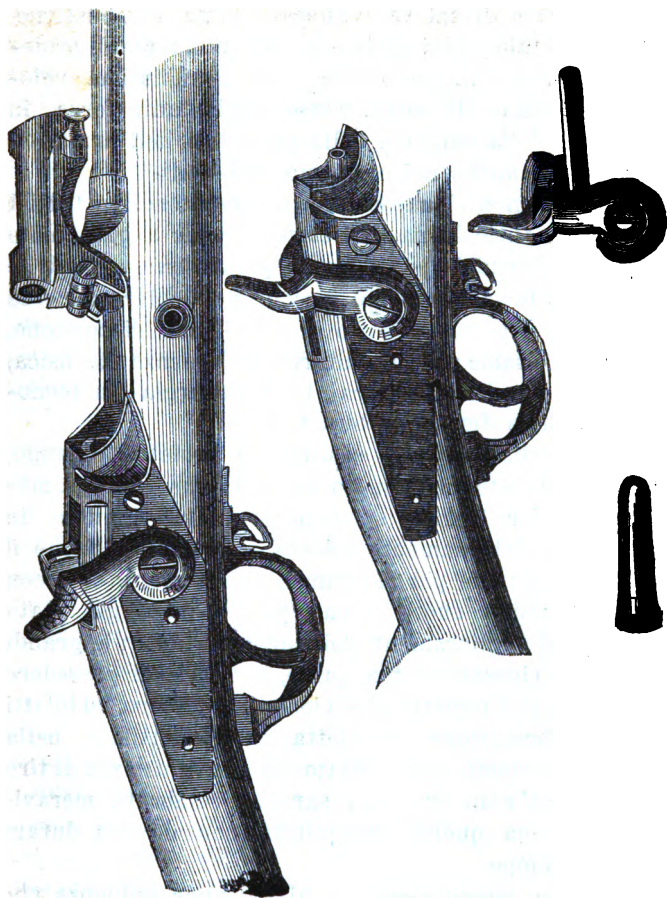



Fig. 187. Fucile Albini.

La polvere, infiammatasi, si trasforma in gas, che per la forzata reclusione, fra le pareti interne della canna ed il proiettile, acquista, anche in virtù del

forte grado di calore sviluppato dalla combustione, tensione tale da imprimere ad esso una forza di proiezione che gli fa percorrere, con grandissima velocità, lunghe distanze, conservando tanta forza, in ragione della carica e della grossezza dell' arma, da penetrare anche nei corpi più resistenti.

Ma qui non s' arrestarono gl' inventori! In tutti i paesi, in tutte le nazioni *civili* si andò a gara nello studio del crudele problema del *perfezionamento* delle armi da fuoco. Ogni più piccolo particolare ad esse relativo divenne oggetto di scrupolosa discussione, di serio esame; si consultaron le scienze: la fisica, la chimica, la meccanica, la metallurgia, la tecnologia, tutte diedero il loro tributo.

Alla palla sferica si sostituì un proietto oblungo, studiosamente conformato in modo che riesca a meglio fender l' aria, spingendosi lontan lontano; la canna fu internamente solcata, o *rigata*, cosicchè il proietto giunge più sicuramente alla meta. — E con ciò sembrava che l' ultima parola fosse già stata detta sui miglioramenti delle armi da fuoco; le grandi potenze riposavano tranquille, persuase di possedere le armi più perfette che idear si potessero, ed infatti la trasformazione introdotta nel proiettile e nella canna permette una gittata ed una giustezza di tiro che trent' anni or sono, sarebbe sembrata meravigliosa; ma quella tranquillità non doveva durare lungo tempo.

Mentre nessuno pensava alla grande influenza che la rapidità del tiro potrebbe avere sulle sorti d'una battaglia, la Prussia, che se ne preoccupava costantemente, riconobbe che, caricando l'arma dalla bocca, non c'è verso di spararla con tutta la frequenza de-

siderabile (!); figuratevi che anche il più abile fantaccino non può sparare, a quel modo, più di tre volte in due minuti!

Studiando profondamente il problema, il prussiano Dreyse riconobbe che per rimediare a questa lentezza conveniva rinunciare al vecchio sistema di caricar l'arma dalla bocca, conveniva invece introdurre il proiettile e la carica dalla parte posteriore della canna. Dopo lunghi studi e replicati sperimenti, gli riescì infine di presentare al Governo prussiano l'ormai funestamente celebre *fucile ad ago,* col quale si eseguiscono comodamente da dieci a quindici tiri al minuto.

Quel governo adottò fin dal 1848 un fucile caricantesi per la culatta, nel quale l'accensione della carica è prodotta da un ago o spillo che, spinto da una molla a spirale, attraversa una composizione fulminante, che sostituisce le capsule dei fucili ordinarii e che fa parte della cartuccia; la frizione dello spillo su quella composizione fulminante ne produce l'istantanea accensione che tosto si comunica alla polvere racchiusa nella cartuccia.

Il fucile ad ago nel suo complesso, non era un mistero per nessuno, tuttavia, prima del 1866 nessun'altra potenza credeva conveniente di adottarlo. In quell'anno tutti i governi rimasero attoniti per la rapida campagna vinta dalla Prussia sui sanguinosi campi di Sadowa e di Königrätz. Il savio ordinamento e la matura istruzione delle truppe prussiane ebbero indubbiamente gran parte in quella memoranda campagna, ma parte non minore vi ebbe al certo anche il fucile ad ago che da allora fu sulle bocche di tutti. Tutti i governi vollero armarne, nel

più breve tempo e nel miglior modo possibile, le loro truppe. Sorsero in gran numero gl'inventori, chi proponeva rapido sistema di trasformazione, chi nuovi sistemi di nuovi fucili a retrocarica più o meno diversi dal prussiano.

La Francia adottò il sistema del francese Chassepot e pur troppo ebbe già occasione di vederne le *meraviglie* a Mentana e poscia su ampia scala nella guerra del 1870-71 contro la Germania e riconobbe allora la necessità di introdurre nel Chassepot parecchie modificazioni onde renderlo atto allo sparo della cartuccia a bossolo metallico. L'Inghilterra adottò il sistema Henry-Martini; il Belgio armò il suo esercito col fucile ideato da un nostro connazionale, il regio capitano di fregata Augusto Albini; l'Austria adottò il fucile Werndl. — L'Italia dapprima trasformò a retrocarica i vecchi fucili e poscia adottò il fucile a congegno di chiusura Vetterli la cui canna ha il calibro di millim. 10,4; un tiratore esercitato può con questo fucile sparare, puntando, 10 colpi al minuto, e senza puntare riesce a tirare 16 colpi; la cartuccia è a bossolo metallico e ad innesco centrale; il tiro è regolato fino a 1000 metri. La lunghezza del fucile è di metri 1,35, il suo peso è di Chilogr. 4,20; applicando al fucile la sciabola-baionetta la lunghezza dell'arma diventa di metri 1,90 ed il suo peso Chilogr. 4.70.

Terminiamo questo capitolo con alcune considerazioni generali. L'immenso numero di vittime prodotto dalla invenzione delle armi da fuoco deve farci risguardare questa invenzione siccome funesta al genere umano? — Sebbene chi raccoglie queste notizie la pensi come fra Cristoforo, che non voleva nè sfide, nè portatori, nè bastonate, pure crede poter asserire

che questa tremenda invenzione fu un vero beneficio per l'umanità: le armi da fuoco, come disse un grande filosofo, il Condorcet, produssero una vera rivoluzione nell'arte della guerra, allontanando i combattenti, resero le guerre meno micidiali ed i guerrieri meno feroci, i costumi si ingentilirono. Le spedizioni militari divennero ognor più dispendiose, ed ora anco le nazioni più bellicose sentono il bisogno di prepararsi e di assicurarsi i mezzi di combattere, arricchendosi con le industrie e col commercio. Ma vi ha di più. La superiorità che un'armatura di ferro e l'arte di ben condurre un cavallo, di maneggiare la lancia o la spada, accordava alla nobiltà rispetto alla borghesia, scomparve completamente; e così la diffusione delle armi da fuoco, contemporanea all'invenzione della stampa, contribuì largamente ad abbattere la tirannia, a scuotere il pesante giogo del feudalismo, ben più funesto all'uman genere di quello che una rapida campagna, combattuta bensì con armi perfezionate, ma fra nazioni civili, che rifuggono dalle devastazioni, dai saccheggi e dalle rapine, cose tutte che erano inseparabili dalle guerre d'una volta; da nazioni, che nel ferito nemico riconoscono un fratello e gli prodigano ogni soccorso; da nazioni che di qui a non molto, ci sia lecito sperarlo, raggiunto uno stabile assettamento, in luogo di combattersi a vicenda, saranno invece concordi nel combattere con ogni possa l'ignoranza, vera nemica dell'umanità.

IV.

FABBRICAZIONE DELLA POLVERE DA CANNONE.

Ritornando ora al nostro primo argomento, che abbiamo perduto di vista, diremo ancora, intorno alla polvere, come essa non serve esclusivamente agli usi di guerra, ma ben anco per scopi industriali non indifferenti, ed in certi casi giovi persino a salvare la vita umana.

Industrialmente è adoperata nei lavori del minatore: pochi quintali di polvere bene impiegati possono compiere lavori, di cui non sarebbe capace macchina alcuna, o che richiederebbero lunghissimo tempo; le numerose e profonde trincee, le sotterranee gallerie scavate nella roccia, per aprire un varco alla locomotiva, possono essere ultimate in periodo di tempo relativamente brevissimo, mercè la polvere che, opportunamente impiegata, spezza in mille frammenti le rocce più dure, delle quali è agevolato per tal modo il trasporto. I cavatori di pietra staccano analogamente, mediante mine, grossi massi dai fianchi delle montagne. Gli scogli sottomarini, che inceppano e rendono pericolosa la navigazione, possono scomparire mediante mine subacquee, alle quali si comunica il fuoco con l'elettrica scintilla.

L'arte pirotecnica non serve soltanto a ricreare la folla coi *fuochi* così detti *artificiali*, formanti la parte più gradita delle feste pubbliche, ma serve inoltre al navigante, che mercè un sistema conven-

zionale di razzi, può corrispondere con altri bastimenti o con la costa, servendo quei razzi da telegrafo ottico durante la notte. Per ultimo, non dobbiamo dimenticare che, mediante un razzo, oppòrtunamente lanciato da un guardacoste, e diretto ad una nave pericolante, si riesce a far pervenire una corda a bordo della nave e, malgrado l'infuriar delle onde, condurre a salvamento poveri naufraghi.

Senza estenderci in lunghi particolari intorno alla fabbricazione della polvere, diremo soltanto che i tre ingredienti che la compongono entrano in proporzioni molto diverse nelle fabbriche dei varii Stati, e le proporzioni variano inoltre a seconda dell'uso speciale, cui deve servire la polvere.

La mescolanza più in uso per 100 chilogrammi di polvere da fucile si compone di 75 chilogrammi di salnitro, 10 di zolfo e 15 di carbone; mentre per la polvere da mina si impiegano di frequente 62 chilogrammi di salnitro, 19 di zolfo ed altrettanti di carbone.

I singoli ingredienti vengonò sbàrazzati con ogni cura da tutte le sostanze estranee cui possono trovarsi mescolati, poscia si collocano in mortai di legno, foderati di cuoio, nei quali si versano circa due litri d'acqua per ogni 10 chilogrammi di pasta. Un pesante pestello o pilone di bronzo, sollevato alternativamente da una ruota a bocciuoli, ricade intermittentemente nel mortaio, schiaccia gli ingredienti e ne forma una pasta. Giunta questa al voluto grado d'omogeneità, si estrae dal mortaio, e si espone ad asciugare all'aria aperta; la pasta già asciutta vien collocata sopra un crivello o buratto, e comprimendola la si stritola, obbligando i granelli di polvere,

che così si formano, a cadere in un recipiente sottoposto; dopo di ciò, si espone all'aria la polvere in sottili strati, sopra tele di cotone, onde liberarla dall'umidità.

Di consueto nelle polveriere vi sono parecchie batterie di piloni, ciascuna delle quali contiene sei, otto, fino dieci piloni. Sono mossi col mezzo di ruote idrau-

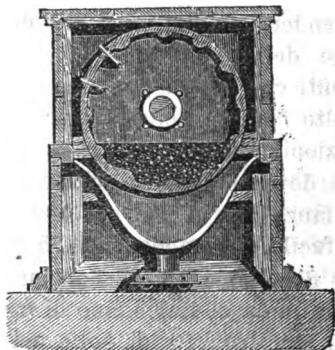



Fig. 188. Buratto da polvere.

liche. Ciascun pilone prepara dieci chilogrammi di polvere al giorno, per cui avendosi due batterie, da sei piloni ciascuna, mosse da una ruota, se ne ritraggono quotidianamente centoventi chilogrammi.

La buona polvere si riconosce dall'uniforme grandezza dei granelli, dal colore bigio d'ardesia; non deve presentare bianche efflorescenze, giacchè ciò indicherebbe che, per effetto dell'umido, il salnitro si è parzialmente separato dalle altre due sostanze; deponendola per ultimo sopra un foglio di carta ed avvicinando ad essa un fiammifero, la buona polvere

deve accendersi tutta rapidamente, non lasciando che lievissimo residuo.

Nell'atto della combustione, la polvere si trasforma quasi istantaneamente in gas, il quale tende ad occupare uno spazio grandissimo, anche perchè il ri-

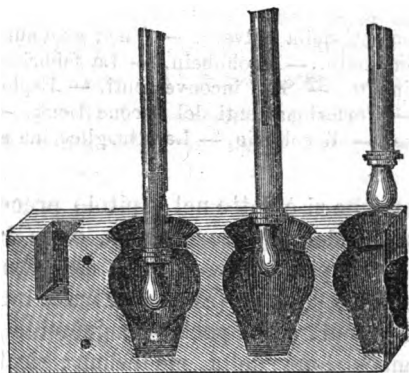



Fig. 189. Mezza batteria di piloni da polvere.

scaldamento prodotto dalla combustione aumenta in alto grado la potenza espansiva dei gas. Si è riconosciuto che un litro di polvere produce nientemeno che ottomila litri di gas. Conoscendo questo dato, potete facilmente rendervi conto dell' enorme forza di proiezione che si sviluppa accedendo la polvere racchiusa in breve spazio, e spiegarvi i portentosi effetti meccanici che ne accompagnano l'esplosione.

V.

I SURROGATI DELLA POLVERE.

Gl'inconvenienti della polvere. — Varii suoi surrogati. — Il cotone fulminante. — Scöhnbein. — La fabbricazione del cotone fulminante. — Suoi inconvenienti. — Esplosione e alterabilità. — Porfezionamenti del barone Lenk. — La polvere di Schultze. — Il collodio. — La nitroglicerina e la dinamite.

Da quel che si è detto nel capitolo precedente sulla fabbricazione della polvere pirica, ossia da fuoco, ciò che risulta di più chiaro è che, dall'epoca dell'invenzione della polvere (ammessa tra il 1320 e il 1380) ai nostri giorni, ben pochi progressi si sono fatti nella composizione della medesima; sicchè, mentre numerose ed importantissime furono le innovazioni nella costruzione delle armi da fuoco, la polvere pirica consta ancor oggi dei medesimi elementi, sebbene in diverse proporzioni, coi quali vuolsi sia arrivato a comporla la prima volta il monaco di Friburgo.

Eppure numerosi e gravissimi sono gli inconvenienti della polvere pirica: il suo prezzo di costo troppo elevato; il pericolo che presenta la sua preparazione non solo, ma anche il suo trasporto; la sua facile alterazione, le esplosioni spontanee; la quantità di fumo e di gaz non balistici, sviluppati nel momento della deflagrazione, le proprietà deleterie di questo fumo, il deposito solido corrosivo che formano i residui della combustione; sono questi i

rimproveri che si fanno a questa polvere, e che già da gran tempo fecero sentire il bisogna di un surrogato più opportuno. Il carbone ridotto allo stato di finissima polvere ha un considerevole potere assorbente per l'ossigeno atmosferico, ed un leggierò aumento di temperatura può determinare esplosioni terribili. Vuolsi inoltre tener conto dello spreco della maggior parte degli elementi che entrano a formare la polvere; i quali, benchè necessarii alla sua composizione, pure aumentandone il prezzo di costo, non aggiungono nulla alla sua forza esplosiva. Infatti, soltanto una terza parte del peso della polvere è trasformata in gaz dotato di potere balistico; il resto, o forma un residuo solido, o si disperde allo stato di fumo. Lo zolfo serve bensì a sviluppare la combustione ed a produrre la temperatura necessaria alla deflagrazione detonante; ma nè esso nè la potassa del nitro non contribuiscono per nulla alla produzione della forza impulsiva; mentre all'incontro lo zolfo produce dei gaz incomodi pel loro odore e pel fumo che ne deriva, specialmente molesto nei lavori di miniera e sui campi di battaglia. Si pensò di surrogare il nitrato di potassa con altri nitrati meno costosi, ma tutti i tentativi che si fecero dovettero essere abbandonati, così per l'eccessiva umidità che questi sali comunicano alla polvere, come per altri gravi inconvenienti.

Noi non parleremo delle varie polveri che vennero proposte negli scorsi anni, come la polvere bianca (miscela di clorato di potassa, di ferrocianuro potassico e di zucchero); della polvere di Ehrardt (miscela di clorato di potassa, tannino e resina); della carta esplosiva di Hochstädter (carta ricoperta di una

vernice formata con una pasta di clorato di potassa, carbone, solfuro d'antimonio ed amido o gomma); perocchè, sebbene per alcuni riguardi tali polveri riescano vantaggiose, pure nessuna potè soddisfare a tutte quelle esigenze che richiedonsi in un surrogato alla polvere pirica.

Ci fermeremo soltanto alla invenzione che, alcuni anni or sono, fece tanto rumore e che, sebbene non abbia dati tutti quei frutti che il mondo se ne aspettava, ha però molta importanza: quest'è il cotone fulminante o fulmi-cotone.

Sul finire del 1846, un chimico di Basilea, il signor Schoenbein, sbalordì tutta Europa annunciando che era riescito a trasformare il cotone in una sostanza dotata di qualità esplosive ancor più potenti dell'ordinaria polvere da cannone. L'inventore voleva vender caro il suo segreto; ma i chimici, messi sull'avviso, studiato profondamente il problema, riescirono a fabbricare nei loro laboratorii il nuovo preparato esplosivo, che ricevette il nome di *cotone fulminante*. Esso è cotone trattato con acido nitrico ed acido solforico. A vederlo, diresti che è cotone ordinario, l'apparenza rimane perfettamente la stessa; tuttavia l'azione di quei due acidi trasforma una sostanza innocentissima in un mezzo di distruzione dei più formidabili.

L'arte della guerra credette aver ottenuto, da quest'invenzione, un potente ausiliario; il cotone fulminante divenne soggetto di lunghe ed assidue esperienze. Si riconobbero in esso non pochi vantaggi rispetto alla polvere: il trasporto ne è meno pericoloso, l'umidità non lo guasta, anzi lo si può adoperare anco se è stato mantenuto per lungo tempo

sott' acqua, purchè dopo avernelo estratto, si abbia cura di farlo asciugare; il cotone fulminante lascia, dopo abbruciato, molto meno residuo della polvere, non insudicia l' arma, non vi deposita sostanze che poi, combinandosi col metallo, ne affievoliscono la tenacità, arde senza spandere odore nauseante, non produce l' incomodissimo fumo, possiede forza di proiezione tripla, e pesa soltanto un terzo d' un pari volume di polvere.

Tanta superiorità fece credere finito il regno della polvere e sorto quello del cotone fulminante; sicchè la nuova invenzione fu accolta con un entusiasmo che passò dagli scienziati ai Governi e perfino ai poeti. Ma appena se ne scoprirono gl' inconvenienti, e si sparse l'annunzio di terribili esplosioni, all'entusiasmo troppo grande seguì, come succede sempre, la dimenticanza e quasi il dileggio; però in questi ultimi tempi si tornò ancora a studiare dagli uomini più competenti; giacchè, se il mondo si scoraggia al primo insuccesso, gli scienziati sanno quanto tempo ci voglia a rendere pratica un' idea anco ottima. Ora l' idea di sostituire ad una miscela di diverse sostanze, ciascuna delle quali non partecipa alla produzione della forza esplosiva che per una frazione del proprio peso, una sostanza di natura ben definita, la quale derivi la sua forza esplosiva non dalla presenza di altri materiali, ma dalla stessa sua costituzione, devesi certamente considerare in linea scientifica, come un progresso. Così è che nella preparazione del cotone fulminante si aggiunge e si compenetra nella cellulosi tanto ossigeno, sotto forma di acido nitrico, che basti a trasformare tutto il carbonio e l' idrogene in acqua ed acido carbonico; sicchè nella sua

combustione non si svolgono altri prodotti che ossido di carbonio, acido di carbonio, vapor acqueo, azoto ed un po' di idrogene carburato e di biossido d'azoto. Un sì abbondante sviluppo di gaz corrisponde ad un enorme forza esplosiva, che si può ritenere di cinque volte superiore quella della polvere comune (1).

Ma un primo inconveniente gravissimo di questa sostanza sta appunto nell'enorme sua forza esplosiva; così ciò che in astratto costituisce il pregio del cotone fulminante, è causa del suo insuccesso nella pratica.

Il secondo inconveniente del cotone fulminante sta in ciò, che esso va soggetto ad una lenta alterazione, la quale diventa più energica, se vi si aggiunge l'azione della luce: esso svolge dell'acido nitrico, il quale alla sua volta, reagendo sul cotone fulminante, lo trasforma in prodotti maggiormente ossidati, chiamati dai chimici *xiloidina* ed *acido ossalidrico*. Le diverse reazioni che si producono in questa circostanza innalzano la temperatura della massa in modo da determinare la spontanea accensione. Le terribili esplosioni avvenute, tanto in Austria, quanto in Inghilterra, nelle fabbriche di cotone fulminante, voglionsi ripetere da questa spontanea accensione.

Per queste ragioni l'Austria, che avea introdotto nel suo esercito trenta batterie a cotone fulminante, fu costretta ad abbandonarlo; e la Commissione francese, composta dei signori Pelouze e Maury, ebbe nel suo rapporto, nel 1864, a pronunciarsi contro l'adozione del medesimo.

(1) Per questo capitolo ci siamo giovati dell'eccellente articolo del prof. Angelo Pavesi, inserito nell'*Annuario scientifico* del 1867.

Ma dopo d'allora un distinto generale austriaco, il barone Lenk, perfezionò il metodo di trasformare il cotone in *piroxilina* della maggior forza esplosiva e di purificare il prodotto ottenuto; lo perfezionò in modo tale, che basta l'attenersi esattamente alle sue istruzioni per ottenere un prodotto uniforme, il quale presenta nella sua composizione una purezza assai maggiore di quella che mostrava il cotone fulminante nei primi periodi della sua fabbricazione, e risulta, inalterabile così all'aria atmosferica e sotto l'azione della luce, come alla temperatura di oltre 60 gradi.

Quanto all'altro inconveniente, la rapidità della combustione, e quindi la violenza dell'esplosione, si arrivò a moderarne l'impeto, sia col mescolare al cotone fulminante del cotone ordinario in diverse proporzioni, sia col ridurlo prima a molle pasta, simile a quella che si adopera nella fabbricazione della carta, per poscia sottoporre la cartuccia a diverse pressioni, dandole una maggiore o minore compattezza secondo l'uso a cui la si vuol destinare.

Il cotone fulminante, così preparato, può essere conservato senza alcun pericolo, per un tempo indefinito, sia immergendolo nell'acqua, sia mantenendolo in uno stato di umidità sufficiente da renderlo non infiammabile. In tal condizione, il cotone fulminante è assai più sicuro che la polvere comune, anche se questa è mescolata in larga dose con materie incombustibili, e si altera ancor meno del cotone ordinario.

In America il cotone fulminante si fabbrica su larga scala ed è spedito senza riguardi sulle ferrovie, appunto perchè si conosce il metodo di renderlo affatto inoffensivo.

Una invenzione affine al cotone fulminante è la *polvere Schultze.* Il capitano Schultze, dell' artiglieria prussiana, mentre era incaricato dal suo Governo di istituire ricerche sull' applicazione del cotone fulminante, intraprese una lunga serie di ricerche sull'applicazione della segatura di legno alla fabbricazione della polvere, e arrivò ad ottenere colla medesima una polvere che possiede, in confronto della polvere comune, dei vantaggi considerevoli.

« Colla carbonizzazione (scrive il professore Pavesi) si toglie al legno non solo tutto l'idrogeno, ma anche tutto l'ossigeno che esso contiene; mentre poi conviene ridonare quest' ossigeno alla polvere sotto forma di nitro. Schultze pensò di risparmiare questa doppia operazione; egli conserva al legno il suo ossigeno, risparmiando così una notevole quantità di nitro, e sopprime lo zolfo, evitando così non solo un aumento di prezzo, ma la produzione dei fumi molesti. Adoperando la segatura di legno non carbonizzato, egli ritarda la sua carbonizzazione fino al momento in cui la polvere abbrucia: la canna del fucile o della mina è il fornello in cui ha luogo questa carbonizzazione. La segatura di legno, secondo il metodo Schultze, vien dapprima liberata dalle materie resinose, facendola ripetutamente bollire in una debole soluzione di soda caustica, indi lavata ripetutamente all'acqua corrente, poscia esposta ad una corrente di vapore, e da ultimo imbiancata mediante una corrente di cloro. La segatura così purificata vien messa a digerire in una miscela di quaranta parti di acido nitrico concentrato con cento parti di acido solforico della densità di 1,84. Tale operazione si eseguisce in vasi mantenuti freddi da una corrente esterna di acqua, ed introducendo la segatura un po' alla votta nel liquido. Questo prodotto, nuovamente lavato ed essicato, abbisogna ancora di un' ultima operazione per acquistare tutto il suo potere esplosivo, ciò che si ottiene immergendolo per circa un quarto

d'ora in una soluzione di ventisei parti di nitro per duecentoventi di acqua. La segatura, imbevuta di questa leggiera soluzione di nitro, viene essiccata ad una temperatura che non oltrepassi i 44 centigradi; ed essa contiene in allora tanto ossigeno da bastare alla completa e rapida combustione del suo carbonio. Il capitano Schultze ebbe con questo metodo per iscopo di ottenere una polvere dotata di un potere esplosivo più graduato di quello che acquista la cellulosi per la completa azione dell'acido nitrico sulla medesima; e di poter preparare un materiale dotato di debole forza esplosiva, ma che può assai più di leggieri essere trasformato in polvere perfetta. La segatura infatti dopo il trattamento acido, non possiede che un debole potere esplosivo, e può essere conservata senza alcun pericolo; ma sottoposta al bagno di nitro, acquista tutta la forza esplosiva della polvere pirica. Che anzi il suo potere balistico è maggiore di quello della polvere ordinaria, ed il suo prezzo è di una metà inferiore; mentre poi la sua preparazione non presenta alcun pericolo, ed il suo uso è, specialmente nei lavori di miniera, assai più comodo per la mancanza di fumi molesti. »

La polvere Schultze, che viene oggidì fabbricata su larga scala nel polverificio prussiano di Postdam, non è realmente un'invenzione, ma piuttosto una modificazione del processo per la preparazione del cotone fulminante; essa costituisce però un notevole perfezionamento per riguardo al buon mercato, alla rapidità della fabbricazione ed all'assenza di quegli inconvenienti che abbiamo notati nella polvere ordinaria.

Ritornando al cotone fulminante diremo ancora che, se esso non ha per anco trovato un posto stabile nelle armi da fuoco, l'ha trovato negli ospedali. Aspettando il momento di poter dividere con la polvere la gloria di produrre ferite, serve intanto a guarirle: un Americano, il signor Maynard di Boston, sciolto il coton fulminante in una mescolanza di etere

solforico e d'alcool, fu il primo ad ottenere una vernice che, applicata sulle piaghe, serve egregiamente a preservarle dal contatto dell'aria, e ravvicinando i labbri della ferita, ne facilita la cicatrizzazione. Questa vernice, che ricevette il nome di *collodio*, che è ormai d'uso frequentissimo nella chirurgia, ha il pregio di essere trasparente ed insolubile nell'acqua; cosicchè essa permette di riconoscere continuamente lo stato della piaga, e non impedisce neppure i bagni e le lavature richieste dall'igiene.

Il collodio è adoperato anche dai fotografi, che se ne servono per rivestirne le lastre di vetro, prima d'applicarvi quello stato di materia sensibile, che — come abbiamo già detto — riceve e conserva le impressioni della luce.

Chiuderemo questi cenni menzionando una sostanza esplosiva ancor più formidabile delle precedenti, la *nitroglicerina*, scoperta parecchi anni or sono da un illustre chimico italiano, il prof. Sobrero.

Si prepara la nitroglicerina versando un sesto di glicerina sciropposa in cinque sesti d'una mescolanza, mantenuta fredda, di una parte d'acido nitrico con due d'acido solforico. Dopo breve riposo si versa il tutto in un decuplo volume d'acqua fredda; la nitroglicerina bell'e fatta precipita al fondo con aspetto d'olio giallastro, pesante, basta l'urto più lieve per farla esplodere con violenza incredibile.

L'enorme forza esplosiva della nitroglicerina suggerì l'idea di sostituirla alla polvere nelle mine, è però d'uso pericolosissimo e conviene maneggiarla con grandissima circospezione.

Il seguente fatto varrà a dare un'idea delle gravissime sciagure che possono risultare quando tale sostanza sia incautamente adoperata:

Nel 1868 era giunto a Quenast, villaggio poco discosto da Bruxelles un carro contenente 1800 chilogrammi di nitroglicerina destinata all'esplosione di mine nelle cave di pietra colà abbondanti. I cavalli erano già staccati e gli operai si accingevano a scaricare la pericolosa sostanza quando improvvisamente si udì una spaventevole detonazione, la terra si agitò per molte miglia all'ingiro, l'atmosfera fu attraversata da soffio violentissimo, le case furono scosse fino alle fondamenta, i tetti volarono in ischegge e quando — cessata la spaventosa burrasca — si potè accostarsi al luogo del disastro non si trovò più traccia alcuna nè del carro nè degli operai, tutto era scomparso. Ove stava il carro vedevasi una profonda voragine; a qualche distanza orribilmente mutilati, stavano i due cavalli. I corpi degli operai furono rinvenuti dietro ad una casa, completamente carbonizzati. Tutto intorno gli alberi avevano perdute le foglie, i tronchi erano contorti, spaccati; le messi, fino a grande distanza, stavano chinate al suolo come se un potentissimo uragano avesse percorso il paese.

Per maneggiare con minor pericolo questa tremenda sostanza il chimico Nobel suggerì di mescolarla con sabbia fina, zucchero, mattone pesto, ecc. Tale mescolanza, nota col nome di *dinamite*, quando è fatta in convenienti proporzioni conserva ancora formidabile forza esplosiva e può in molti casi essere vantaggiosamente sostituita alla polvere da mina.

Avvertiamo ancora che la nitroglicerina è potentissimo veleno, basta mezzo gramma di tale sostanza per dar la morte ad un cavallo o ad un bue.

FINE.

INDICE

....

LA STAMPA.

L'INCISIONE.

LA LITOGRAFIA.

LA CARTA.

IL TERMOMETRO.

IL BAROMETRO.

LA MACCHINA PNEUMATICA E LA MACCHINA DI COMPRESSIONE.

LA BUSSOLA.

GLI AEROSTATI.

IL VETRO.

L'ARTE CERAMICA.

GLI STRUMENTI D'OTTICA.

IL MICROSCOPIO.

IL CANNOCCHIALE.

IL TELESCOPIO.

LA FOTOGRAFIA.

LO STEREOSCOPIO.

I POZZI MODENESI.

GLI OROLOGI.

LA POLVERE DA CANNONE E LE ARMI DA FUOCO.

INDICE DELLE INCISIONI